

N.A.	CAGLIARI		A4	
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Novembre 2023	Ing. S. Matta	Innova Service S.r.l.	SKI 40 S.r.l.
DATA Novembre 2023	TIPO DI EMISSIONE Prima Emissione			
Proponente - Sviluppo progetto FV: SKI 40 S.r.l. Via Caradosso n. 9 - Milano (MI) P.IVA 11584400961 			Studio di progettazione LA SIA S.p.a. Viale L. Schiavonetti, 28600173-Roma (RM) P.IVA 08207411003 	
PROGETTO Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Mogoro Agrisolare” della potenza di picco di 65'902,20 kW + BESS, ubicato nel Comune di Mogoro (OR), e relative opere di connessione alla RTN				
TITOLO ELABORATO				
Coordinamento Progettisti INNOVA SERVICE S.r.l. Via Santa Margherita, 4 – 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it				
GRUPPO DI LAVORO: per INNOVA SERVICE S.r.l. Giorgio Roberto Porpiglia – Architetto Silvio Matta - Ingegnere Elettrico Aurora Melis – Geometra			per La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi – Ingegnere Civile Antonio Dedoni – Ingegnere Idraulico Alberto Mossa – Archeologo Simone Manconi – Geologo Franco Milito - Agronomo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Rita Bosi – Agronomo	
NOME ELABORATO				REV
REL_TC_LIN				00

Si sottolinea che le soluzioni tecniche descritte nella presente relazione descrivono la linea di connessione dell'impianto fotovoltaico alla RTN, secondo le ipotesi iniziali fatte, e con le attuali tecnologie presenti e disponibili sul mercato, ma potrebbero variare al momento in cui l'impianto andrà in realizzazione.

Sono pertanto da ritenersi valide tutte le indicazioni vincolanti (quali ad esempio la potenza di immissione in rete, approvata dall'Ente gestore della RTN) in termini di potenza e spazio occupato, mentre **sono soggette a rapida evoluzione tecnologica i cavi (e la loro formazione), le apparecchiature e i sistemi di immagazzinamento elettrochimico dell'energia e pertanto solamente in fase di progettazione esecutiva potrà essere fatta una scelta definitiva**, verrà valutato in dettaglio ogni rischio specifico legato a tale scelta e verranno selezionati i prodotti che abbiano caratteristiche rispondenti a tutti i requisiti di conformità della normativa in corso al momento della esecuzione dei lavori di realizzazione dell'opera.

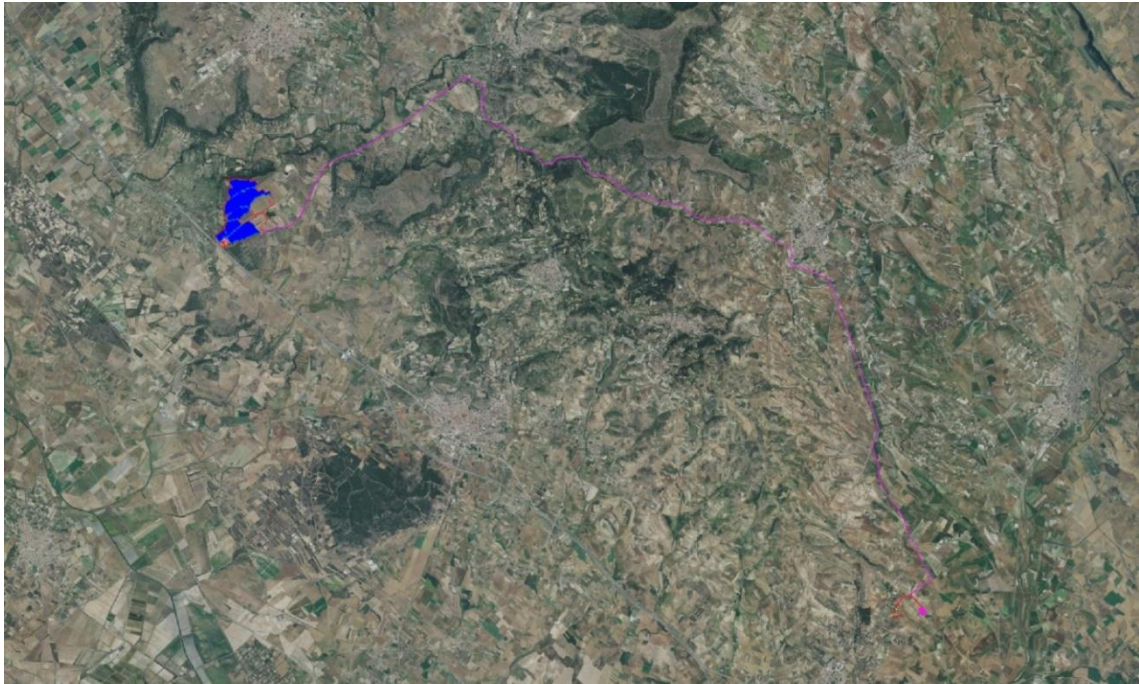
SOMMARIO

1. <u>PREMESSA</u>	7
2. <u>MOTIVAZIONI DELL'OPERA</u>	8
3. <u>CAVIDOTTO</u>	10
3.1. PERCORSO DEL TRACCIATO	10
3.2. CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO	13
3.3. AREE IMPEGNATE E FASCE DI RISPETTO	14
3.4. QUADRO NORMATIVO	14
4. <u>IL PROGETTO</u>	15
4.1. PREMESSA.....	15
5. <u>ELETTRODOTTO DI CONNESSIONE ALLA RTN</u>	17
5.1. CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL COLLEGAMENTO IN CAVO – TRATTO A 30 kV	17
5.2. CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL COLLEGAMENTO IN CAVO – TRATTO A 150 kV	20
5.3. COMPOSIZIONE DEL COLLEGAMENTO	22
5.4. MODALITÀ DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO	22
5.5. TEMPERATURE DI POSA	23
5.6. RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI	23
5.7. SOLLECITAZIONE A TRAZIONE	24
5.8. CAVI INTERRATI	24
5.9. CAVI MUNITI DI GUAINA	25
6. <u>LA STAZIONE DI STEP-UP 30/150 KV</u>	26
7. <u>PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACCORRENTI</u>	29
7.1. EFFETTI TERMICI	29

7.2.	EFFETTI DINAMICI.....	29
7.3.	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	30
7.4.	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTOCIRCUITO	30
7.5.	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO	30
8.	<u>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI</u>	31
8.1.	USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI COME PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	31
8.2.	MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI.....	31
8.3.	LAVORI SU LINEE IN CAVO	32
8.4.	MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI	32
9.	<u>MISURE DI PROTEZIONI DEI CAVI</u>	32
9.1.	PROTEZIONE MECCANICA BASE.....	32
9.2.	PROTEZIONE CONTRO LE VIBRAZIONI	32
9.3.	PROTEZIONE CONTRO LE SOLLECITAZIONI TERMICHE ESTERNE	33
9.3.1.	INSTALLAZIONE IN AMBIENTI A ELEVATA TEMPERATURA	33
9.3.2.	PROTEZIONE IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI CLIMATICHE, CONTRO SOSTANZE CORROSIVE O INQUINANTI, CONTRO LA FAUNA E LA FLORA O CONTRO INFLUENZE ELETTRICHE.....	33
9.4.	ESPOSIZIONE ALL'ACQUA	33
9.4.1.	DRENAGGI	33
9.4.2.	ESPOSIZIONE ALLA PRESENZA DI FLORA	33
9.4.3.	ESPOSIZIONE ALLA PRESENZA DI FAUNA.....	34
10.	<u>COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI TECNOLOGICI INTERRATI</u>	34
10.1.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E TELECOMUNICAZIONE	34
	INCROCI TRA CAVI.....	34
	PARALLELISMI FRA CAVI	34
10.2.	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	35

10.3.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAMENTO	35
10.4.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E TUBAZIONE O SERBATOI METALLICI, INTERRATI	35
10.4.1.	INCROCI FRA CAVI DI ENERGIA E TUBAZIONI METALLICHE, INTERRATI	35
10.4.2.	PARALLELISMI FRA CAVI DI ENERGIA E TUBAZIONI METALLICHE, INTERRATI	36
10.5.	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E GASDOTTI.....	36
10.5.1.	SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI	37
11.	<u>ATTRAVERSAMENTI DI LINEE IN CAVO CON FERROVIE, TRANVIE, FILOVIE, FUNICOLARI TERRESTRI, AUTOSTRADE, STRADE STATALI E PROVINCIALI</u>	37
12.	<u>PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE</u>	37
12.1.	CAMPI ELETTROMAGNETICI	38
12.2.	CAMPI ELETTRICI DOVUTI A LINEE IN CAVO SCHERMATO.....	38
12.3.	CAMPI MAGNETICI DOVUTI A LINEE IN CAVO INTERRATE	38
13.	<u>ACCESSORI</u>	38
13.1.	SCELTA IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI DI POSA E DI ESERCIZIO	38
13.2.	SCELTA DEGLI ACCESSORI IN RELAZIONE ALLE TENSIONI.....	39
13.3.	SCELTA DEGLI ACCESSORI IN RELAZIONE A CONDIZIONI DI CORRENTE DI CORTOCIREUITO	39
13.4.	CONNESSIONI.....	39
13.5.	ISOLAMENTO	40
13.6.	CONDIZIONI DI POSA.....	40
14.	<u>COLLAUDO DOPO POSA</u>	40
14.1.	COLLAUDO DOPO POSA	40
14.2.	PROVA DI TENSIONE APPLICATA.....	40
15.	<u>SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONI</u>	41
16.	<u>RUMORE</u>	41

<u>17.</u>	<u>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI</u>	<u>42</u>
15.1.	RICHIAMI NORMATIVI	42
15.2.	CONFIGURAZIONI DI CARICO	43
<u>18.</u>	<u>REALIZZAZIONE DELL'OPERA</u>	<u>45</u>
16.1.	FASI DI COSTRUZIONE.....	45
16.2.	REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE TEMPORANEE DI CANTIERE PER LA POSA DEL CAVO	45
16.3.	APERTURA DELLA FASCIA DI LAVORO E SCAVO DELLA TRINCEA	45
16.4.	POSA DEL CAVO	46
16.5.	RICOPERTURA E RIPRISTINI	46
16.6.	SCAVO DELLA TRINCEA IN CORRISPONDENZA DEI TRATTI LUNGO PERCORSO STRADALE	47
16.7.	TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA	47
16.8.	SICUREZZA NEI CANTIERI	47
<u>19.</u>	<u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	<u>48</u>
	Norme CEI	49
<u>20.</u>	<u>VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....</u>	<u>49</u>
18.1.	PREMESSA.....	49
<u>21.</u>	<u>TAVOLE ALLEGATE.....</u>	<u>50</u>



1. PREMESSA

La società **SKI 40 S.r.l.** con sede in Via Caradosso, 9 - 20123 - Milano (MI), ha in progetto la realizzazione di un impianto **Agrisolare** nei pressi del Comune di Mogoro (OR), in località 'Perdiana', tipologia di impianto che abbina la produzione di energia elettrica fotovoltaica con la presenza di una attività agricola appunto.

L'area considerata dista circa 2.5 km dal centro abitato, occupa poco più di 90 ettari e su essa è prevista la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra con sistema ad inseguitori monoassiali, con una potenza complessiva installata a terra di **65'902.20 kWp** e una potenza in Immissione su RTN pari a **62'400 kW**, per il quale è stata stimata una produzione annua (producibilità) di energia elettrica pari a circa **85'975'391.06 kWh**.

L'impianto sarà munito di un sistema di accumulo (storage, o BESS) di tipo elettrochimico di tipo modulare di potenza complessiva pari a **22.75 MW** ed energia totale immagazzinabile pari a **182.00 MWh (8 h)**, ubicato in un'area in aderenza alla stazione di step-up, nei pressi del punto di connessione alla RTN.

La modularità dell'impianto ne permette la realizzazione in tempi/fasi distinte nell'area ad esso dedicata.

La presente relazione tecnica descrive **le opere di connessione** necessarie al collegamento dell'impianto fotovoltaico Agrisolare in progetto alla Rete Elettrica Nazionale (RTN), al fine di potervi far confluire l'energia elettrica da esso prodotta.

2. MOTIVAZIONI DELL'OPERA

La linea di connessione in progetto è un'opera necessaria per consentire all'impianto fotovoltaico Agrisolare di poter immettere in rete l'energia elettrica prodotta durante il suo funzionamento.

L'impianto FV pertanto è del tipo grid-connected e sarà collegato "in antenna" alla RTN di TERNA ed esercito in parallelo alla stessa, tramite una linea elettrica trifase nel rispetto delle condizioni per la connessione definite nella soluzione tecnica minima generale preventivo STMG, a suo tempo ottenuta e accettata dall'aProponente stessa.

La progettazione dell'opera oggetto del presente documento è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

Il percorso del cavidotto è stato studiato per minimizzare, per quanto possibile, la sua lunghezza e l'interazione con l'ambiente circostante; la distanza tra la Cabina di Raccolta Generale di Impianto fotovoltaico (C-00) e la S.E. di TERNA a cui ci si conetterà è di circa 22 km. Lungo il tracciato, entro i 500÷700 metri dalla S.E. stessa, è necessario inserire una stazione di step-up 30/150 kV a causa dei differenti livelli di tensione tra uscita impianto (30 kV) e punto di consegna TERNA.

Infatti, il livello di tensione **inizialmente previsto** in uscita dall'impianto fv, corrispondente al livello di tensione previsto per la nuova connessione, era di 36 kV (AT), in osservanza alla nuova tipologia di soluzione tecnica di connessione alla RTN per gli impianti di produzione indicate nella ultima versione dell'Allegato A.2 del Codice di Rete del 15/10/2021, che dovrebbe consentire una "migliore integrazione degli impianti di produzione di energia elettrica di potenza fino a 100 MW attraverso soluzioni di connessione alla RTN più efficienti e adeguate alla taglia dei medesimi impianti di produzione".

Tuttavia, visto che ad oggi non risulta ancora essere ben definita la nuova S.E. di cui si parla nella STMG e a cui ci si dovrebbe collegare a 36 kV, al fine di poter comunque allacciare l'impianto che si presume potrebbe essere completato in tempi sensibilmente inferiori, la Società Proponente ha deciso di presentare a TERNA una soluzione alternativa per il punto di connessione della linea stessa.

Pertanto la Società Proponente sta predisponendo **una richiesta a TERNA per la Modifica della STMG** ottenuta, al fine di realizzare un allaccio a 150 kV su una S.E. / stallo a 150 kV esistente.

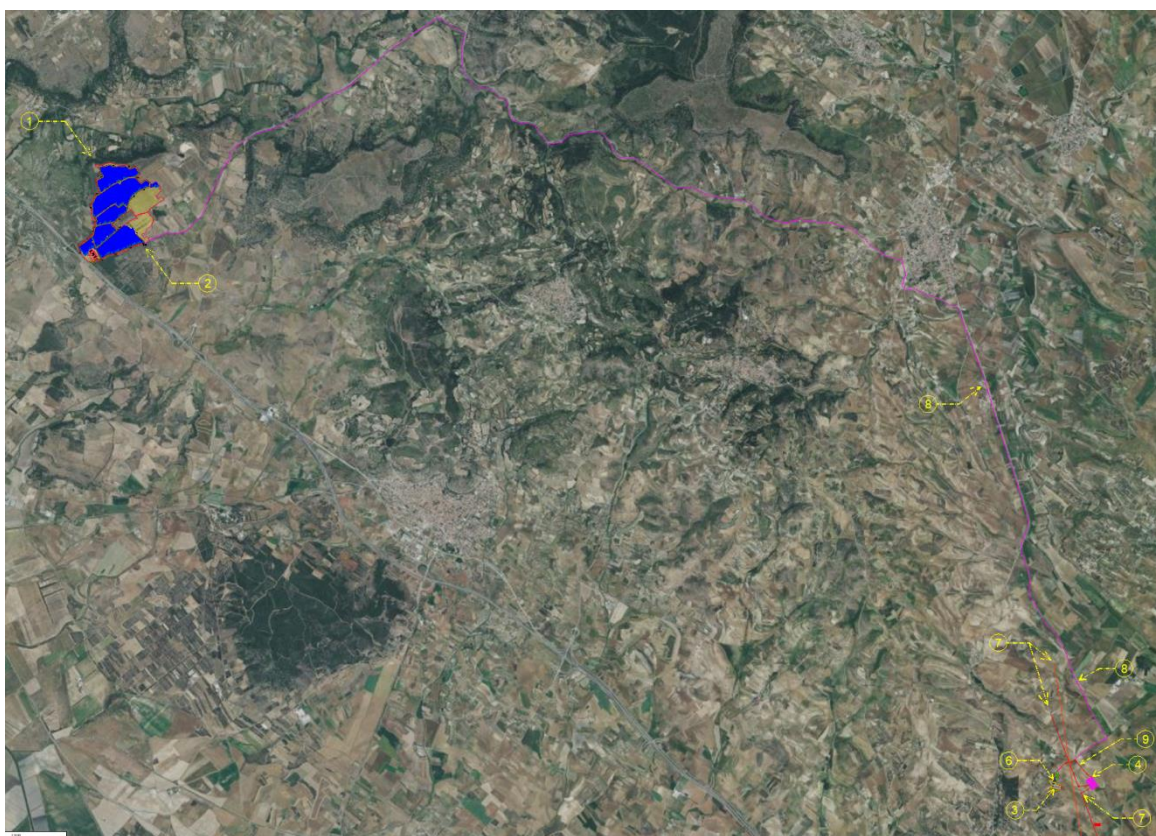
Per tale motivo, dunque, è stato scelto di realizzare il percorso e la linea di connessione tramite un **cavidotto interrato in MT a 30 kV** che, partendo dalla Cabina di Raccolta Generale (C-00) dell'impianto fv giunge in un'area prossima a quella del punto di connessione TERNA, appositamente individuata, ove sarà realizzata una stazione di step-up 30/150 kV che a sua volta verrà poi collegata alla S.E. TERNA con una linea a 150 kV su cavidotto interrato di lunghezza stimata in 770 metri.
















La cabina di step-up ha il compito di elevare la tensione linea di connessione da 30 kV a 150 kV, e la sua posizione è stata individuata proprio in prossimità del punto di connessione alla RTN, ad una distanza di circa 450 metri in linea d'aria dalla S.E. TERNA a cui ci si dovrebbe connettere. Funzionali alla stazione di step-up anche due locali-box prefabbricati (locali tecnici) che ospiteranno i quadri in MT, in BT, un G.E., gli uffici, i servizi igienici e gli spazi tecnici di cui tale stazione abbisogna per la sua gestione.

Nelle immediate vicinanze (in aderenza) della stazione di step-up sarà inoltre realizzata anche l'area per lo storage di cui al precedente capitolo.

Il sistema di storage dell'impianto fotovoltaico in progetto è stato concepito in maniera modulare e suddiviso in per consentire una maggiore flessibilità nelle politiche di accumulo ed erogazione di energia elettrica e di gestione della stessa, garantendo al contempo la migliore soluzione tecnica e il minor quantitativo di perdite di trasporto delle energie in transito sulla linea di connessione.

Per quanto appena illustrato, il livello di tensione previsto internamente all'impianto fv è pari a **30 kV**, e così quello in uscita dall'impianto per la nuova linea interrata per la connessione alla RTN, dalla Cabina di Raccolta Generale di Impianto (C-00) fino alla stazione di step-up. Da quest'ultima invece, effettuato il passaggio da 30 a 150 kV, si uscirà con cavidotto interrato e linea in cavo a **150 kV** verso la S.E. di TERNA.

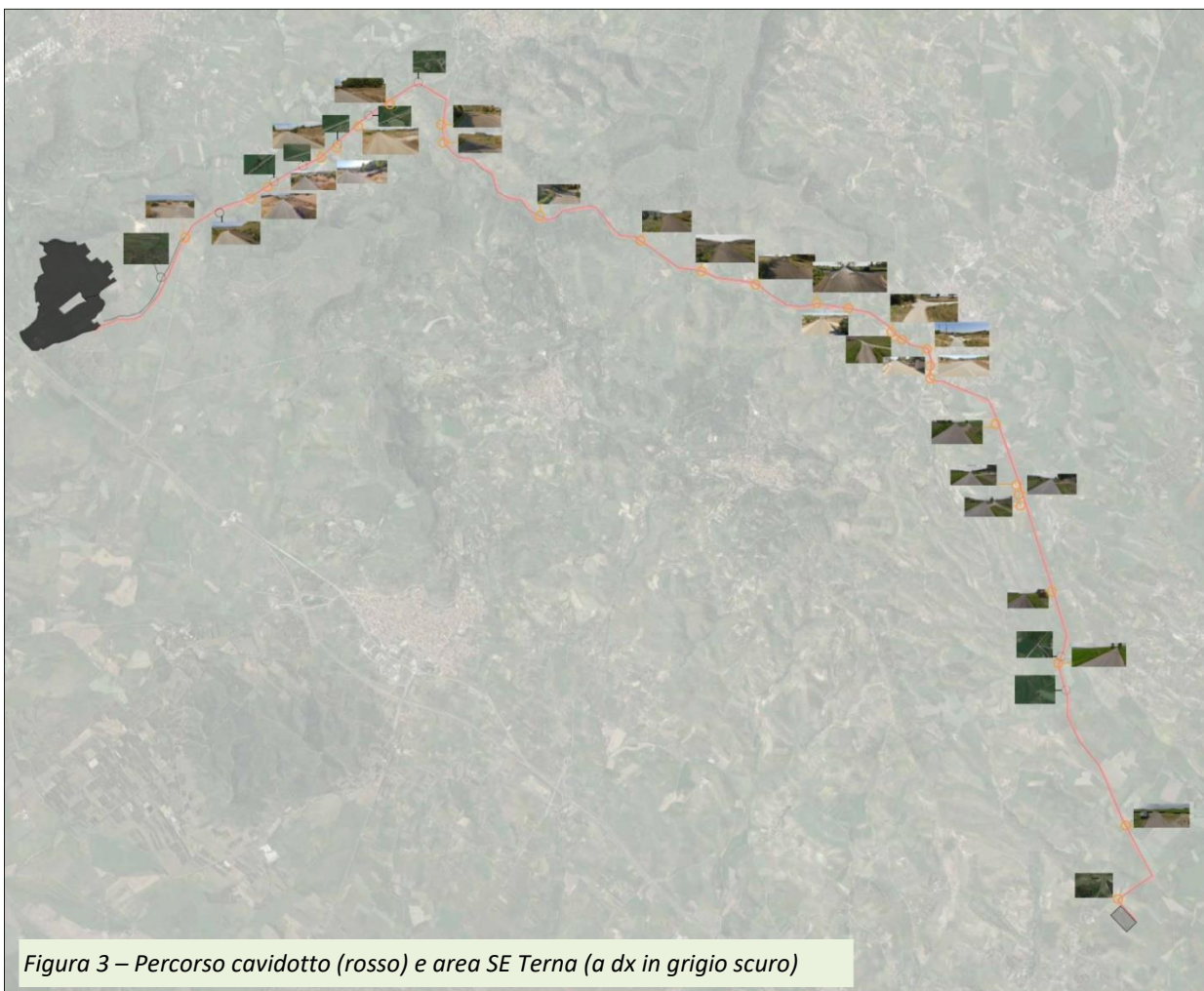


	IMPIANTO FV		IMPIANTO FV		STAZIONE DI STEP-UP 30/150 kV
	Area Nuova S.E. TERNA		CABINA DI RACCOLTA GENERALE IMPIANTO FV		LINEA AEREA IN AT ESISTENTE
	Linea Aerea in AT esistente		AREA STORAGE		NUOVO PERCORSO DI CONNESSIONE - 30 kV (INTERRATO)
	Traffico Linea Aerea in AT esistente		PUNTO DI CONNESSIONE ALLA RTN (S.E. TERNA)		NUOVO PERCORSO DI CONNESSIONE - 150 kV (INTERRATO)
	Percorso di Connessione		IPOTESI CONNESSIONE DELLA S.E. TERNA ALLA RTN ESISTENTE		
	Percorso di Connessione (Nuova Linea di connessione a 150 kV)				

3. CAVIDOTTO

3.1. PERCORSO DEL TRACCIATO

La connessione dell'impianto fotovoltaico prevede la realizzazione di un elettrodotto che partendo dalla Cabina di Raccolta Generale collega l'impianto fotovoltaico all'area S.E. Terna a cui ci si dovrà connettere per il collegamento alla RTN. La connessione avverrà tramite un cavidotto che si estende per poco più di 22 km lungo un tracciato che si svolge seguendo la viabilità extraurbana, secondo quanto indicato nella figura 3 sottostante.



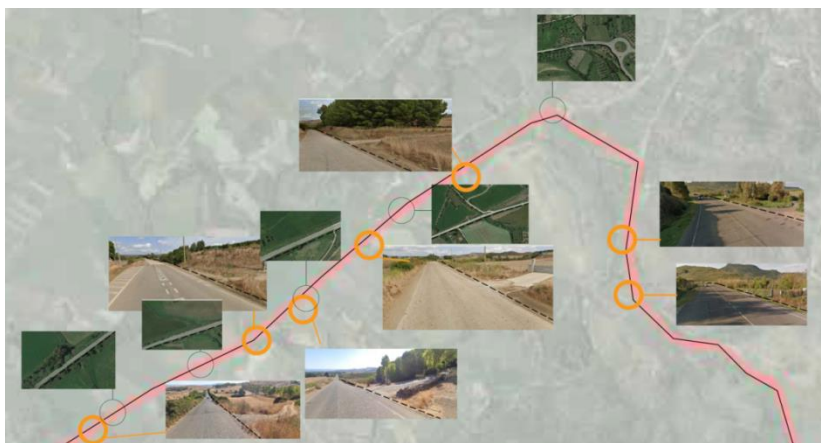
Il tracciato dell'elettrodotto, in cavo interrato, quale risulta dalla corografia allegata, è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11/12/1933 ne 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti, ed è stato progettato in modo tale da 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.

Esso utilizza dove possibile corridoi già impegnati dalla viabilità stradale principale e secondaria esistente e di piano, con posa dei cavi il più possibile al margine della sede stradale.

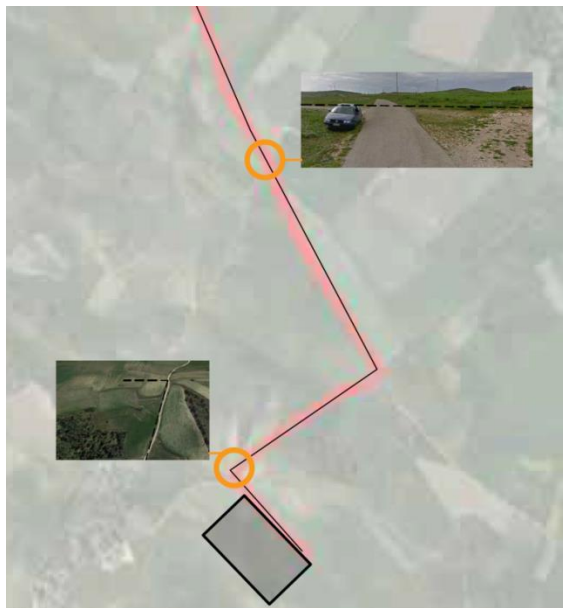
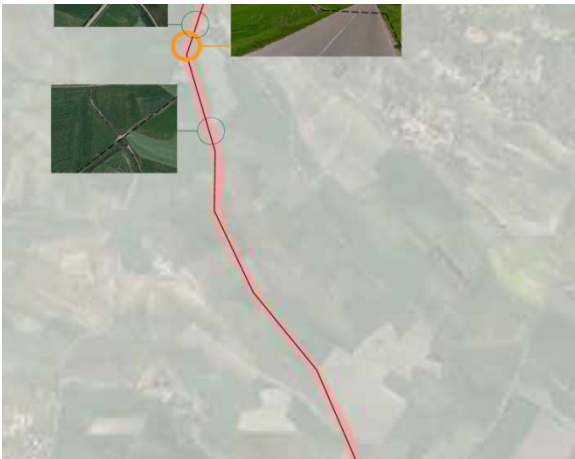
I lavori per la realizzazione del cavidotto verranno effettuati nel rispetto dei limiti imposti dalla legislazione vigente in modo da garantire la salvaguardia dell'ecosistema.

L'intero cavidotto sarà contiguo alla sede stradale, effettuando un ridotto scavo, non si andrà di fatto a modificare visivamente lo stato dei luoghi. Lungo il percorso, il tracciato del cavidotto incontra una serie di interferenze, sempre rappresentate nella figura 3 e, in maggior dettaglio e foto nell'elaborato cartografico relativo alle interferenze (TAV_TC_02 - INTERF_CAV), allegato al presente progetto.

Le interferenze interessano accessi a fondi rurali, incroci con altre linee, e strutture di attraversamenti stradali. Maggiori dettagli in merito sono descritti nel relativo elaborato di progetto, di cui riportiamo sommariamente alcuni inquadramenti fotografici lungo il percorso:







3.2. CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO

La scelta del tracciato del cavidotto scaturisce da un processo di valutazione che ha cercato limitare ed ove possibile eliminare gli oneri ambientali legati alla realizzazione dell'opera. Il percorso del cavidotto è stato dunque studiato per minimizzare, per quanto possibile, la sua lunghezza e l'interazione con l'ambiente circostante. In particolare, la scelta ha cercato di coniugare i seguenti principi:

- evitare interferenze con ambiti tutelati ai sensi dei vigenti piani urbanistico-territoriale-paesaggistici-ambientali;
- minimizzare la lunghezza dei cavi al fine di ottimizzare il layout elettrico d'impianto,
- garantirne la massima efficienza, limitare e contenere gli impatti indotti dalla messa in opera dei cavidotti;

-
- limitare i costi sia in termini ambientali che monetari legati alla realizzazione dell'opera;
 - utilizzare, ove possibile, la viabilità esistente, al fine di limitare l'occupazione territoriale;
 - garantire la sicurezza dei cavidotti, in relazione ai rischi di spostamento e deterioramento dei cavi;
 - garantire la fattibilità della messa in opera limitando i disagi legati alla fase di cantiere.

Per tutti gli ulteriori dettagli riguardanti le analisi dei luoghi, dei vincoli e delle eventuali interferenze lungo il percorso del cavidotto si rimanda ai relativi elaborati specialistici di progetto.

3.3. AREE IMPEGNATE E FASCE DI RISPETTO

Le aree interessate da un elettrodotto interrato sono individuate, dal Testo Unico sugli espropri, come Aree Impegnate, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell' elettrodotto; nel caso specifico esse hanno un'ampiezza di 1.5 m dall' asse linea per parte per il tratto in cavo interrato.

Il vincolo preordinato all' esproprio sarà invece apposto sulle "aree potenzialmente impegnate", che equivalgono alle zone di rispetto di cui all' art, 52 quater, comma 6. del Testo Unico sugli espropri n. 327 del 08/06/2001 e successive modificazioni, all'interno delle quali poter inserire eventuali modeste varianti al tracciato dell'elettrodotto senza che le stesse comportino la necessità di nuove autorizzazioni.

Ad una prima analisi, da confermare poi in fase di progettazione esecutiva, l'ampiezza delle zone di rispetto (ovvero aree potenzialmente impegnate) sarà di 4.00 m dall'asse linea per parte per il tratto in cavo interrato in MT (ma corrispondente a quella circa impegnata nei tratti su sede stradale), come meglio indicato nelle planimetrie catastali di progetto, e di 2.00 m per il tratto in cavo interrato in AT. Pertanto, ai fini dell' apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, le "aree potenzialmente impegnate" coincidono con le "zone di rispetto"; di conseguenza i terreni ricadenti all'interno di dette zone risulteranno soggetti al suddetto vincolo. In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà alla delimitazione delle aree effettivamente impegnate dalla stessa con conseguente riduzione delle porzioni di territorio soggette a vincolo preordinato all'esproprio e servitù.

Le "fasce di rispetto" sono 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, emanata con Decreto MATT del 29 Maggio 2008.

3.4. QUADRO NORMATIVO

La realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, protezioni, segnaletica) è disciplinata dalla Norma CEI 11-17. Nello specifico, la norma stabilisce che al fine di garantire l'integrità dei cavi, nel caso di cavi MT posati a profondità inferiori a 1 m, sia predisposta una robusta protezione meccanica in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal

traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

Il Nuovo Codice della Strada prescrive che la profondità minima di posa per le strade di uso pubblico ricada ad 1 m dall'estradosso della protezione:

- Per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato la norma CEI 11-17 stabilisce la profondità minima di posa in 0,6 m (su terreno privato) e 0,8 m (su terreno pubblico).
- In aggiunta alle prescrizioni normative, è buona pratica attenersi ai seguenti principi informativi:
- i cavidotti, anche se posati a profondità superiore a 60 cm, siano sempre dotati di una protezione meccanica supplementare (tegolo o lastra);
- i cavidotti posati a profondità compresa fra 40 cm e 60 cm siano annegati in un getto di calcestruzzo (cemento magrone con dosaggio inferiore a 150 kg/m³);
- i cavidotti posati a profondità inferiore a 40 cm o comunque transitanti all'interno dell'edificio servito (detto percorso dovrà sempre essere il più breve possibile) siano installati all'interno di un tubo in acciaio dotato di una protezione meccanica supplementare (tegolo o lastra);
- il percorso dei cavidotti dovrà essere tale da consentire un'agevole stesura dei cavi possibilmente senza dover ricorrere all'uso di pozzetti rompitratta;
- qualora fosse necessario ricorrere a pozzetti rompitratta, questi dovranno presentare dimensioni idonee (indicativamente 600 x 600 mm o 1000x1000 mm).

Qualunque sia la profondità di installazione dei cavidotti, è sempre prevista la posa di un nastro monitoro ad una distanza di circa 20-30 cm sopra la tubazione in modo da segnalarne la presenza durante eventuali scavi.

4. IL PROGETTO

4.1. PREMESSA

L'impianto fotovoltaico in progetto ha una potenza in uscita dalla Cabina di Raccolta Generale pari a **62'400 kW**, e la sua distanza stimata dal punto di connessione alla RTN TERNA indicata in STMG è di **circa 22 km**.

Considerazioni analitiche fatte sui livelli di tensione del cavidotto da realizzarsi –inizialmente previsto a 36 kV- e sui tempi di realizzazione dei lavori che TERNA ha descritto come propedeutici alla possibilità di connessione a 36 kV su nuova S.E. TERNA (come descritto nella attuale STMG accettata) hanno protato il Proponente a scegliere tra le seguenti soluzioni:

	IPOTESI DI CONNESSIONE	TIPO	VANTAGGI / SVANTAGGI
A	Cavidotto interamente a 36 kV e connessione della linea direttamente alla nuova S.E. TERNA su stallo a 36 kV, secondo quanto indicato nella attuale STMG accettata.	S.E. Nuova e stallo a 36 kV	Cavidotto interrato in AT nuovo standard 36 kV. (è una linea AT ma di fatto la tensione è prossima a 30 kV che risulta MT) Tempi piuttosto lunghi –indicati da TERNA in STMG - per la messa in servizio che sarà successiva ai lavori indicati nelle varie parti della rete TERNA stessa, propedeutici alla possibilità di accettare la potenza richiesta in immissione. Potrebbero significare impianto terminato e connesso ma non abilitato da TERNA ad immettere energia in rete.
B	Cavidotto interamente a 150 kV e connessione della linea direttamente alla S.E. TERNA esistente su stallo a 150 kV, secondo quanto sarà indicato STMG da “Richiesta Modifica STMG”.	S.E. Esistente e stallo a 150 kV	Cavidotto interrato in AT a 150 kV, con problematiche tipiche dei cavidotti in Alta Tensione. Tempi meno lunghi per la messa in servizio (da verificare su nuova STMG in richiesta modifica). Perdite di energia per trasmissione ridotte, ma costi progettuali e realizzativi maggiori.
C	Cavidotto quasi completamente a 30 kV (MT), stazione di step-up 30/150 kV in prossimità della S.E. TERNA e piccolo tratto di cavidotto il AT (150 kV) per la connessione alla S.E. TERNA, secondo quanto sarà indicato STMG da “Richiesta Modifica STMG”.	S.E. Esistente e stallo a 150 kV	Cavidotto interrato quasi completamente in MT. Stazione di step-up nei pressi della S.E. TERNA. Ultimo tratto di cavidotto interrato in AT a 150 kV per circa 770 m. Tempi meno lunghi per la messa in servizio (da verificare su nuova STMG in richiesta modifica).

Facendo un bilancio costi-benefici di tipo ampio, la Proponente ha optato per la **soluzione “C”** che prevede la realizzazione di una linea in MT su cavidotto interrato dall’impianto fotovoltaico fino ad una stazione di step-up 30/150 kV da realizzarsi nelle immediate vicinanze (circa 450 metri in linea d’aria) della S.E. TERNA che sarà indicata per la connessione, e ultimo tratto di cavidotto interrato a 150 kV per la connessione allo stallo a 150 kV di TERNA; conseguentemente si sta predisponendo la richiesta di “modifica della STMG ottenuta” da inoltrare a TERNA.

Pertanto, il livello di tensione in uscita dall’impianto fotovoltaico è stato fissato a **30 kV, dunque Media Tensione (MT)**, e così pure il cavidotto interrato per la linea di connessione che va dalla Cabina di Raccolta Generale a bordo impianto (C-00) fino all’area individuata per la realizzazione della stazione di step-up 30/150 kV. Questo percorso è stato stimato in 22’100 metri.

L’ultimo tratto di cavidotto per la connessione, che va dalla stazione di step-up alla S.E. TERNA, sarà sempre di tipo interrato ma ad una tensione di servizio di **150 kV**.

5. ELETTRDOTTO DI CONNESSIONE ALLA RTN

La potenza in transito nella linea è pari alla massima potenza dell'impianto fotovoltaico da essa servito (62'400 kW), poichè il sistema di storage annesso sarà dotato di un sistema di gestione e controllo tale da impedire una erogazione di potenza che superi quella autorizzata da TERNA in STMG. Dunque, il sistema di storage sarà capace di controllare ed impedire che venga erogata ed immessa in rete una potenza complessiva in uscita superiore alla potenza massima autorizzata in STMG.

Da osservare inoltre che, cautelativamente, la potenza indicata è la somma delle potenze in uscita dagli inverter e dunque nella realtà sarà inferiore a causa delle perdite di trasformazione e delle perdite di trasmissione lungo le linee MT interne.

L'elettrodotto completo sarà costituito da una linea elettrica in cavo interrato, suddivisa in due tratti a tensioni differenti e separate dalla *stazione di step-up* che effettua appunto la variazione nella tensione di linea da 30 a 150 kV. I dati salienti possono essere così riassunti:

	Lunghezza linea (m)	Corrente di linea: (A)	Tensione di linea: (kV)
Tratto A	22'100	1'264.09	30
Tratto B	770	252.82	150

5.1. Caratteristiche elettriche del collegamento in cavo – Tratto a 30 kV

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima dell'impianto in modo continuativo.

Se si considera che l'impianto erogherà una potenza di **62'400 kW** alla tensione di 30 kV, assumendo un funzionamento a $\cos \varphi = 0.95$ avremo:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi}$$

Ossia la corrente massima è pari a: **I = 1'264.09 A**

Considerando che il cavo verrà posato su cavidotto interrato, avremo le seguenti condizioni di posa:

- il cavo verrà posato direttamente nel terreno, su letto di sabbia;
- Il cavo avrà una formazione tripolare ad elica visibile;
- la profondità di posa è di 1.00 m;
- la temperatura del terreno è stimata in $T_G = 10^\circ \text{C}$;
- la temperatura esterna è valutata in $T_o = 30^\circ \text{C}$;
- la resistività termica del terreno è stimata in 1.0 Km/W;

- dati i valori di corrente si stimano 3 corde per fase in posa a terra (posa tipo D2);

Pertanto la portata del cavo dovrà essere corretta con: $I_2 = I_0 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$

dove

- K1 = 1.10 fattore di correzione per temperature al sottosuolo diverse da 15° C.
- K2 = 0.97 fattore di correzione temperature esterne diverse da 20° C.;
- K3 = 1.00 fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0.8 m;
- K4 = 1.00 fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W
- K5 = 0.78 fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;

Da cui è possibile calcolare la portata ri-parametrata e scegliere la sezione di fase. Si ha:

1'264	A	Corrente di fase della linea:											
1.10	k1	fattore di correzione per temperature al sottosuolo diverse da 15° C.											
0.97	k2	fattore di correzione temperature esterne diverse da 20° C.;											
1.00	k3	fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0.8 m											
1.00	k4	fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W											
0.78	k5	fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano											
0.8323	Ktot	Coefficiente correttivo totale											
1518.68	A	Corrente di fase riparametrata											
3		Numero corde per fase											
506.23	A	Corrente per singola corda (portata max)											

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento / Ambient temperature different from the conductor's operating temperature

T. conduttore Conduct. temp.	tipo di Cavi cables type	temperatura ambiente (°C) ambient temperature (°C)											
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76	-	-	-
90°C	cavi in aria* / in air cables*	1,15	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,80	-	-	-
105°C	cavi in aria* / in air cables*	1,12	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73

(*) Non esposti al sole direttamente / Not directly exposed to the sun

Cavi posati in terra / Buried cables

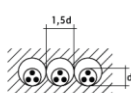
profondità di posa (m) laying depths (m)				resistenza termica thermal resistivity (Km/W)			
0,80	1,00	1,2	1,5	0,80	1,0	1,2	1,5
1,02	1,00	0,98	0,96	1,08	1,00	0,93	0,85

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi: $r=1,0 K \cdot m/W$ per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;
- $r=1,5 K \cdot m/W$ per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate
- The ground thermal resistivities are assumed to be regular: $r=1,0 K \cdot m/W$ normally wet earth or sand;
- $r=1,5 K \cdot m/W$ barely wet earth or sand
- The presence of mechanical barriers (such as bricks or slabs) not generating air spaces, don't change current carrying capacities

Cavi tripolari (o terne di cavi unipolari a trifoglio) posati in terra / Three core buried cables (or 3 core systems in trefoil formation)

distanza tra cavi o terne (in orizzontale) distance between cables or systems (horizontally)	numero di cavi o terne (in orizzontale) number of systems (horizontally)			
(cm)	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,60
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Cavi tripolari (o terne di cavi unipolari a trifoglio) posati in tubo interrato / Three core buried cables (or 3 core systems in trefoil formation) in buried duct



numero di terne (in orizzontale) number of systems (horizontally)		
1	2	3
0,82	0,69	0,61



PORTATA DI CORRENTE CURRENT CARRYING CAPACITY

I valori della portata di corrente espressi in A sono calcolati secondo il metodo della norma IEC 60287. I calcoli sono basati sulle seguenti assunzioni:

Temperatura ambiente per posa in aria:	30 °C
Temperatura ambiente per posa in terra:	20 °C
Posa di profondità: U = 3÷10 kV	0,8 m
U = 15÷30 kV	1,0 m
U = 45 kV	1,2 m

Schermi metallici collegati fra loro e messi a terra ad entrambe le estremità

Current carrying capacities in A are calculated according to the IEC 60287 standard. They are calculated assuming the following values:

Ambient temperature for installation in open air:	30 °C
Ambient temperature for underground burial:	20 °C
Laying depths: U = 3÷10 kV	0,8 m
U = 15÷30 kV	1,0 m
U = 45 kV	1,2 m

Metallic screens interconnected and grounded at both ends

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5E *PLaser*

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV e 18/30 kV

Prysmian
Group

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation trefoil p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	32	800	450
70	9,7	25,1	32	850	450
95	11,4	26,0	33	940	470
120	12,9	26,9	34	1020	480
150	14,0	27,6	35	1110	490
185	15,8	29,0	37	1250	520
240	18,2	31,4	39	1480	550
300	20,6	34,6	43	1780	610
400	23,8	37,8	46	2140	650
500	26,7	40,9	49	2560	690
630	30,5	45,5	54	3150	760

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	197	180	154
70	246	221	165
95	299	265	198
120	346	303	226
150	391	339	253
185	451	385	287
240	534	447	354
300	618	506	370
400	723	580	433
500	840	661	494
630	978	752	562

E conseguentemente, da una tabella di portata di cavo tripolare in alluminio (ad esempio quella della Prysmian, per cavi in alluminio in MT) si ricava che la corrente riparametrata può essere trasportata dalla seguente formazione:

3x(3x300) mmq su linea tripolare pura.

La stessa corrente può essere trasportata anche da altre soluzioni di formazione del cavo, ad esempio con 3x(2x630) mmq oppure con 3x(4x185) mmq e pertanto la soluzione sulla formazione del cavo ora indicata potrebbe essere soggetta a variazione in fase esecutiva, a seguito di una puntuale analisi del tracciato nonché dei cavi effettivamente disponibili sul mercato nel momento in cui il progetto andrà cantierato.

La prima soluzione ha il vantaggio di avere un numero inferiore di conduttori e si presta maggiormente alle possibili limitazioni tecniche derivanti dal numero di conduttori per fase che è possibile attestare su uno stallo da 36 kV. La scelta può tuttavia essere modificata in fase di progettazione esecutiva, senza che le considerazioni progettuali abbiano a cambiare da quanto esposto nel presente progetto.

Questa tipologia di cavo ha anche il vantaggio di ridurre notevolmente l'emissione di campi elettromagnetici, tanto che, secondo quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17 e CEI 106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3µT, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso.

E, considerando quindi il decreto del 29/05/2008 sulla determinazione delle fasce di rispetto (DPA), questa tipologia di conduttore è addirittura esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo (cavi elicordati), pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata e ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di questi cavi si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

5.2. Caratteristiche elettriche del collegamento in cavo – Tratto a 150 kV

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima dell'impianto in modo continuativo. Se si considera che l'impianto erogherà una potenza di **62'400 kW** alla tensione di **150 kV**, assumendo un funzionamento a $\cos \varphi = 0.95$ avremo:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \varphi}$$

Ossia la corrente massima è pari a: **I = 252.82 A**

Considerando che il cavo verrà posato su cavidotto interrato, avremo le seguenti condizioni di posa:

- il cavo verrà posato direttamente nel terreno, su letto di sabbia;
- Il cavo avrà una formazione unipolare con disposizione a triangolo;
- la profondità di posa è di 1.50 m;
- la temperatura del terreno è stimata in $T_G = 10^\circ \text{C}$;
- la temperatura esterna è valutata in $T_o = 30^\circ \text{C}$;
- la resistività termica del terreno è stimata in 1.5 Km/W;
- dati i valori di corrente si stima una corda per fase in posa a terra (posa tipo D2);

Pertanto la portata del cavo dovrà essere corretta con: $I_2 = I_o \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$, dove

- $K1 = 1.10$ fattore di correzione per temperature al sottosuolo diverse da 15°C .
- $K2 = 0.97$ fattore di correzione temperature esterne diverse da 20°C ;
- $K3 = 1.00$ fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0.8 m;
- $K4 = 0.85$ fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W
- $K5 = 1.00$ fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;

Da cui è possibile calcolare la portata ri-parametrata e scegliere la sezione di fase. Si ha:

253.00	A	Corrente di fase della linea:				
1.10	k1	fattore di correzione per temperature al sottosuolo diverse da 15°C .				
0.97	k2	fattore di correzione temperature esterne diverse da 20°C ;				
1.00	k3	fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0.8 m				
0.85	k4	fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W				
1.00	k5	fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano				
0.907	Ktot	Coefficiente correttivo totale				
278.94	A	Corrente di fase riparametrata				

Il dato della sezione del cavo idoneo viene ottenuto per interpolazione da una tabella TRATHOS per i cavi interrati con un livello di isolamento leggermente inferiore (145 kV), in quanto le tabelle cavi disponibili on-line per i cavi a 150 kV non presentano i valori di portata per sezioni inferiori a 400 mmq; queste sezioni tuttavia sono eccessive per la corrente della nostra linea.

HIGH VOLTAGE CABLES BASED ON IEC 608040

TRATOS® HV - 76/132 kV-(145 kV)
CU/XLPE/PB/HDPE

Tratos HV cable is used for the transmission and distribution of electric power and is suitable for installation in ducts, trenches or direct buried underground or within buildings. These cables are ideal for use to connect wind farms and other renewable energy to existing grid systems.

FEATURES AND PERFORMANCES



CONSTRUCTION

- Conductor: stranded circular or segmental compacted copper
- Conductor screen: semi-conducting layer
- Insulation: XLPE
- Insulation screen: non metallic - semi-conducting layer
- Tape: semi-conductive water blocking
- Sheath: lead
- Outer sheath: HDPE sheathed with graphite coating or extruded semi-conducting layer
- Standard colour: black
- Marking: ELECTRIC CABLE 38/66kV + TRATOS Cable type + Cable Size (e.g. "1x150") COMMODITY CODE IEC 60840 + lot production + year + metre marking

STANDARDS

- Design and Tested: IEC 60228, 60840 and 60811

CURRENT RATING FOR XLPE CABLE SYSTEMS

Table 11

76/132 (145) kV Aluminium conductors					
Size csa mm ²	Trefoil solidly bonded			Laid flat solidly bonded	
	Laid direct	In ducts	In air	Laid direct	In ducts
	A	A	A	A	A
150	300	300	380	325	300
185	345	335	440	365	335
240	400	395	520	415	385
300	450	435	585	460	425
400	515	485	685	520	470
500	580	550	810	570	525
630	660	620	930	635	585
800	745	730	995	705	665
1000	825	805	1120	760	745
1200	890	850	1340	770	755
1400	935	895	1385	840	810
1600	995	945	1475	860	825

Table 12

76/132 (145) kV Aluminium conductors					
Size csa mm ²	Trefoil single point bonded			Laid flat single point bonded	
	Laid direct	In ducts	In air	Laid direct	In ducts
	A	A	A	A	A
150	315	320	375	330	315
185	360	365	435	370	355
240	415	425	510	435	400
300	470	480	585	495	440
400	542	550	680	575	505
500	615	630	790	645	580
630	705	720	910	740	645
800	800	830	1050	845	790
1000	890	940	1190	955	875
1200	965	1005	1270	1025	930
1400	1020	1065	1340	1120	1020
1600	1085	1130	1425	1175	1075

Pertanto, dalle precedenti tabelle indicate si ricava la sezione per un cavo unipolare in alluminio in Alta Tensione con livello di tensione di 145 kV, e per similitudine si può scegliere un cavo con livello di tensione adeguato al sistema in progetto, ad esempio il cavo TRATHOS HV SUPERFLEX 87/150 kV, di analoga sezione. Risulta dunque che la corrente riparametrata può essere trasportata dalla seguente formazione:

3x(1x150) mmq su linea tripolare pura.

Il cavo scelto risulta capace di trasportare la corrente riparametrata con un buon margine rispetto alla massima portata del cavo stesso.

5.3. Composizione del collegamento

Per l'elettrodotto in oggetto sono previsti pertanto i seguenti componenti:

Tratto in MT:

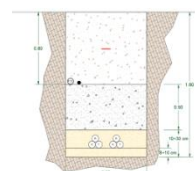
- Cavo tripolare in alluminio, tipo ARP1H5EX 18/30 kV, con formazione 3x(3x300) mmq;
- Cavo in fibra ottica per telecomunicazioni;
- Profondità di posa per cavidotto interrato: ≥ 1.00 m.

Tratto in AT:

- Cavo unipolare in alluminio con posa a triangolo, tipo HV SUPERFLEX 87/150 kV, con formazione 3x(1x150) mmq;
- Cavo in fibra ottica per telecomunicazioni;
- Profondità di posa per cavidotto interrato: ≥ 1.50 m.

5.4. Modalità di posa e di attraversamento

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità che dipende dal livello di tensione delle linee che vi transitano, come indicato in precedenza, con disposizione delle fasi a trifoglio/triangolo se il cavo è unipolare.



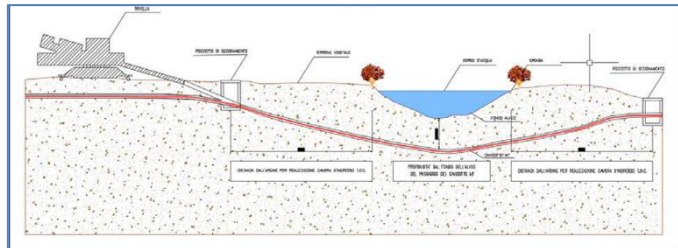
Tutti i cavi verranno alloggiati in letto di sabbia e ricoperti con sabbia e subito sopra con terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento "mortar"; saranno protetti e segnalati superiormente da un nastro segnaletico interrato, ed ove necessario anche da lastre di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera

od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici o in caso di particolari criticità e/o esigenze particolari che potrebbero emergere in fase esecutiva.

Nella fase di posa dei cavi, per limitare al massimo i disagi al traffico veicolare locale, essi saranno posati in fasi successive in modo da poter destinare al transito veicolare, in qualsiasi condizione, almeno una metà della carreggiata qualora essa dovesse essere interessata da tagli e/o scavi. In alternativa, e per casi particolari, potrà essere utilizzato il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata, che non comportano alcun tipo di interferenza con le strutture superiori esistenti che verranno attraversate in sottopasso.

In tal caso la sezione di posa potrà differire da quella normale sia per quanto attiene il posizionamento dei cavi che per le modalità di progetto delle protezioni da adottare.

In alcuni tratti del percorso dei cavidotti, a causa delle problematiche riscontrate già in sede progettuale, è stato previsto l'utilizzo della Trivellazione Orizzontale Controllata (o teleguidata) per evitare tagli stradali, disservizi e altre situazioni problematiche di passaggio dei cavi. Questa tecnica permetterà di effettuare il passaggio dei cavi in maniera invisibile e senza creare interruzioni al traffico (caso di tagli stradali) o disservizi.



5.5. Temperature di posa

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura - per tutta la loro lunghezza per tutto tempo in cui essi possono venire piegati raddrizzati non deve essere inferiore a -25°C .

5.6. Raggi di curvatura dei cavi

La curvatura de cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme particolari o dai costruttori, i raggi di curvatura dei cavi, misurati sula generatrici interna degli stessi, non devono essere inferiori ai seguenti:

- cavi sotto guaina di alluminio, con o senza altri tipi di rivestimento metallico: 30 D;
- cavi senza guaina di alluminio, sotto guaina di piombo, con o senza altri tipi di rivestimento metallico: 16 D;

-
- cavi senza guaina di alluminio o di piombo, ma dotati di altro rivestimento metallico quale armatura, conduttore concentrico, schermatura a fili o nastri (inclusi i nastri sottili longitudinali placati o saldati): 14 D;
 - cavi senza alcun rivestimento metallico: 12 D;

Dove D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati, il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1.5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggior diametro. Nel caso di cavi senza alcun rivestimento metallico, il raggio minimo di curvatura sopra indicato vale per conduttori di classe 1 e 2 (definita secondo la Norma CEI 20-29); per cavi con conduttori di classe 5 e 6 (sempre secondo la Norma CEI 20-29) tale raggio può essere ridotto del 25%.

Nel caso di posa in condizioni favorevoli, i raggi di curvatura sopra indicati possono essere ridotti per arrivare fino alla metà per curvatura finale eseguita su sede sagomata e con temperatura non inferiore a 15° C, salvo diversa indicazione del fabbricante.

5.7. Sollecitazione a trazione

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione, pertanto si adotteranno cavi (autoportanti con organo portante) in grado sopportare la trazione. Gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori, per i quali d'altronde sarà garantito di non superare mai una sollecitazione di 18 kN per conduttori di rame 9 kN per conduttori di alluminio.

Se il cavo è provvisto di un'armatura, a fili o piattine, necessaria quando il previsto sforzo di tiro supera il valore sopportabile dai conduttori come detto sopra, la forza di tiro va applicata all'insieme dei conduttori e dell'armatura, ma non deve superare del 25% le sollecitazioni ammissibili sui conduttori di cui al capoverso precedente. Si adotteranno accorgimenti tali da impedire la rotazione del cavo sul proprio asse quando è sottoposto a tiro.

5.8. Cavi interrati

I cavi interrati saranno muniti di guaina protettiva. I cavi non muniti di armatura metallica o di altra protezione meccanica equivalente come sopra saranno posati con una protezione meccanica supplementare. I componenti e i manufatti adottati per tale protezione saranno progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo.

Le minime profondità di posa tra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo per le modalità di posa saranno, in funzione della tensione delle linee che vi corrono, le seguenti:

- BT: 80 cm
- MT: 100 cm
- AT: 150 cm

Nei tratti in cui si attraversino terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non possono essere rispettate le profondità minime sopra indicate, devono essere predisposte adeguate protezioni meccaniche, da valutare caso per caso.

I percorsi interrati dei cavi saranno segnalati in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi. Rispondono a tale scopo:

- le protezioni meccaniche supplementari suddette:
- i nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0,2 m al di sopra dei cavi.

5.9. Cavi muniti di guaina

Quando un cavo è soggetto a carico variabile, esso subisce dilazioni e contrazioni che assai difficilmente si distribuiscono lungo tutto il percorso e che provocano movimenti longitudinali e trasversali del cavo. Specialmente nel caso dei cavi unipolari, tali movimenti, soprattutto se concentrati in pochi punti del percorso, possono provocare la fessurazione della guaina metallica per fenomeni di fatica. Pertanto, quando un cavo munito di guaina metallica è posato in modo tale che i suoi movimenti non risultano impediti lungo tutto il percorso, saranno presi opportuni accorgimenti per distribuire e controllare l'ampiezza di tali movimenti (onde evitare il verificarsi degli inconvenienti sopra richiamati).

6. LA STAZIONE DI STEP-UP 30/150 kV

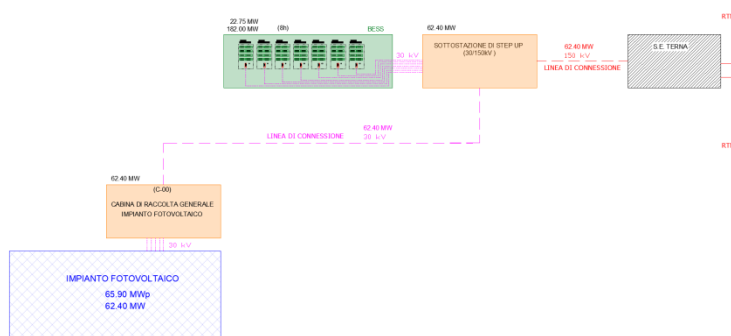
Al fine di consentire la connessione dell'impianto fotovoltaico con una S.E. di TERNA con stallo a 150 kV, si rende necessario realizzare lungo il percorso di connessione dell'impianto fotovoltaico in progetto verso la RTN una stazione di elevazione della tensione di linea (step-up appunto), capace di gestire la potenza massima che l'impianto fotovoltaico stesso è in grado di produrre, ossia 62.40 MW.

L'ubicazione della stazione è stata fatta cercando di limitare quanto più possibile il residuo percorso di cavidotto che dovrà essere alla tensione di 150 kV (AT), ed è stata così individuata un'area ritenuta idonea ad ospitare la suddetta stazione nelle immediate vicinanze della S.E. TERNA a cui ci si dovrà connettere.



La cabina di step-up, con il compito di elevare la tensione della nuova linea da 30 a 150 kV, sarà ubicata in un'area distante circa 770 m (circa 450 in linea d'aria) dalla S.E. TERNA per l'allaccio a 150 kV. Nell'area dedicata alla stazione di step-up sarà inoltre ubicato anche un sistema di storage.

Per quanto appena illustrato, il livello di tensione previsto in uscita dall'impianto fotovoltaico in oggetto, così come il livello di tensione previsto per la nuova linea interrata per la connessione alla RTN (almeno quello prima della stazione di step-up), è pari a **30 kV**.



Nello schema unifilare dell'impianto fotovoltaico in oggetto, per la sezione in MT, sono stati indicati tutti i dispositivi necessari -secondo quanto indicato dall'allegato A.02 del codice di rete - che sono stati previsti nella presente ipotesi di connessione iniziando da quelli che, dentro la Cabina di Raccolta Generale, ricevono le linee a 30 kV (MT) dalle diverse Cabine di Raccolta di Area, fino all'interruttore generale dell'impianto fv (e relativa protezione di interfaccia).

Anche nello schema unifilare della sezione AT della linea di connessione sono indicati tutti i dispositivi necessari per la protezione ed il sezionamento del relativo tratto di linea, e gli stessi sono stati dettagliatamente rappresentati nelle relative tavole di progetto della stazione di step-up.

La stazione di step-up 30/150 kV si compone essenzialmente dei seguenti elementi principali:

- Arrivo linee in MT;
- Quadro di ricezione e smistamento in MT (entro vano/box prefabbricato);
- Cavidotto interrato, in MT, per la connessione al trafo MT/AT (all'esterno del box);
- Trafo di potenza MT/AT;
- Stallo in AT in aria, con relativi dispositivi di sezionamento e protezione sempre in aria;
- Uscita cavi in AT.

La linea in arrivo dall'impianto fotovoltaico, a 30 kV, giunge dopo un percorso di 22'100 metri all'ingresso del "Locale Quadri MT" (box prefabbricato a sx) e si atterra sul relativo scomparto in MT contenente un interruttore-sezionatore a protezione della linea stessa. Il quadro contiene anche gli interruttori di arrivo delle linee che giungono dall'area dello storage (area II) da realizzarsi in aderenza all'area dedicata alla stazione di step-up, e gli scomparti per gli strumenti di misura e per il trafo ausiliari.

Dal Quadro Generale MT, tramite scomparto con interruttore-sezionatore apposito e scomparto partenza cavi, la linea MT va poi a collegarsi con il trasformatore elevatore 30/150 kV di potenza pari a **62÷65 MVA (sezione MT/AT)**, ubicato all'esterno della locale tecnica prefabbricata, in apposita area dedicata alla sezione AT e ai relativi stalli isolati in aria.

Il trasformatore di potenza avrà le seguenti caratteristiche principali:

- Tipo di servizio continuo, con Raffreddamento ONAN-ONAF ;
- Potenza nominale 60 ÷ 75 MVA
- Tensioni a vuoto: Primario 150 kV±10x1,2% e Secondario 30 kV
- Frequenza 50 Hz
- Connessione Stella/triangolo
- Gruppo di connessione YNd11
- Tensione di cortocircuito 12%
- Isolamento a tensione a frequenza industriale:
Primario 275 kV - Neutro del primario 95 kV - Secondario 70 kV
- 3.1.1 Regolazione di tensione sotto carico (regolatore collocato sull'avvolgimento primario)
Il regolatore avrà 21 posizioni con variazioni del 12 % di Vn (1,8 kV) e range 132-168kV.
- Il raffreddamento tramite radiatori e ventilatori azionati da termostato.

Protezioni principali:

- relè Buchholz con contatti di allarme e apertura;
- indicatore magnetico di livello di olio con allarme per livello minimo;
- valvola di apertura di sovrappressione e allarme;
- termometro con indicazione di temperatura dell'olio con 4 contatti puliti per ventilazione forzata, allarme temperatura, apertura interruttore e segnalazione interruttore aperto.

In quest'area, in uscita dal trasformatore sono presenti le sbarre isolate in aria e tenute dai supporti isolanti per il collegamento della linea in AT (che origina dal trafo MT/AT appunto) ai successivi dispositivi di sezionamento e protezione in aria, dettagliatamente descritti nel relativo schema unifilare della parte in Alta Tensione.

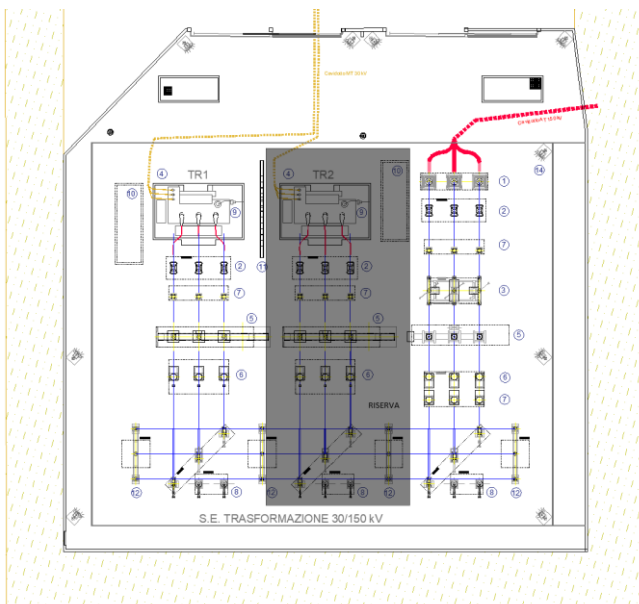
Nell'area in oggetto è previsto lo spazio per un secondo stallo in AT e relativo trafo ed uscita verso linea interrata, come riserva. Questa parte non verrà inizialmente realizzata.

Le figure seguenti mostrano la Stazione di step-up (planimetria e sezioni trasversali per la parte AT), suddivisa nelle due parti funzionali:

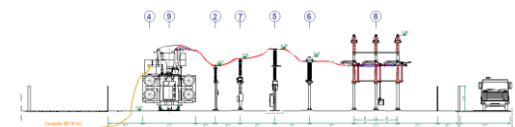
- Lato MT, contenuta nel box prefabbricato (in alto);
- Lato AT, contenuta nell'area recintata e in aria libera (in basso).



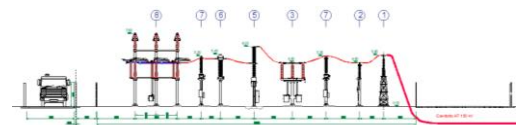
Sezione trasversale



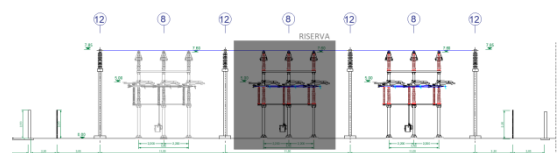
Sezione stallo TRAFO



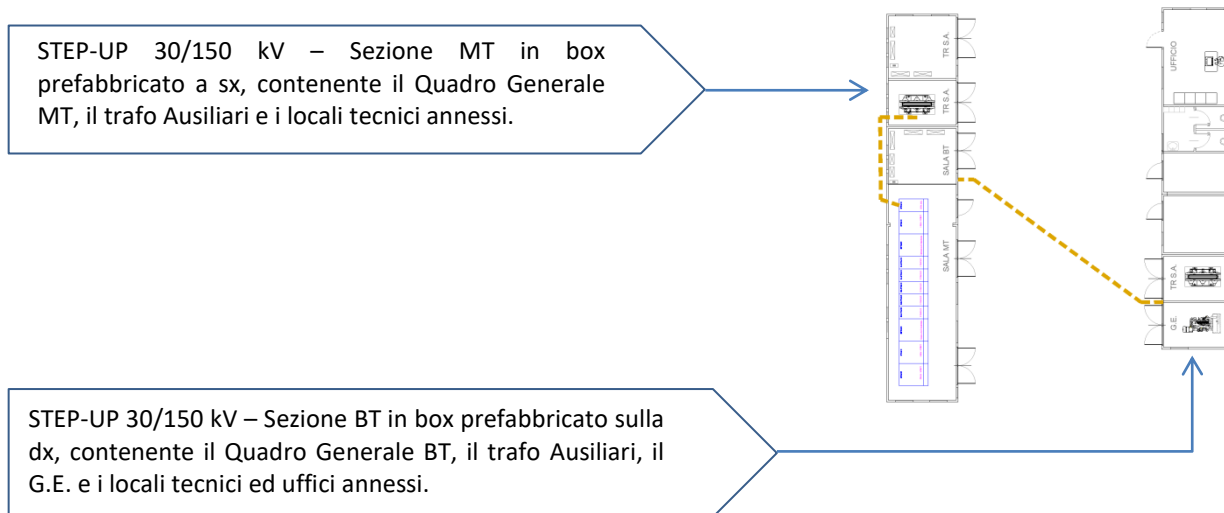
Sezione stallo partenza AT



Sezione sbarre di parallelo AT



STEP-UP 30/150 kV – Sezione AT in aria, posizionata all'esterno e perimetrata (in grigio lo stallo di riserva)



Per tutti i particolari ed i dettagli tecnici della stazione di step-up si rimanda alle tavole di progetto relative.

7. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACCORRENTI

7.1. Effetti termici

Il riscaldamento dovuto ad una sovracorrente provoca dilatazioni tra i vari componenti metallici e non metallici del cavo le quali, sovrapponendosi alle condizioni di ridotta resistenza dei materiali riscaldati, possono causare lesioni o invecchiamenti tali da rendere inutilizzabile il cavo. Le protezioni contro le sovracorrenti saranno previste in maniera tale da contenere le temperature massime dei conduttori entro i limiti stabiliti in questo caso i valori delle temperature massime di esercizio e di cortocircuito nel caso dell'isolante in cavo di polietilene reticolato XLPE (E4) max temperatura di esercizio 90° C e max temperatura di c.to c.to 250° C che danno un valore del coefficiente K in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori di rame 143 e di alluminio 192.

7.2. Effetti dinamici

Per i cavi unipolari e per i cavi multipolari ad elica visibile, gli effetti dinamici sono assorbiti dai dispositivi di fissaggio dei cavi che devono essere conseguentemente dimensionati e distanziati.

7.3. Dispositivi di protezione

Nelle linee in cavo i conduttori attivi devono essere protetti mediante installazione di uno o più dispositivi di interruzione automatica, tra loro coordinati, contro i sovraccarichi e contro cortocircuiti che assicurino l'interruzione dei conduttori di fase. Tali dispositivi possono assicurare:

- a) unicamente la protezione contro sovraccarichi;
- b) unicamente la protezione contro i cortocircuiti;
- c) la protezione contro entrambi i tipi di sovracorrente.

Nel caso a) essi possiedono generalmente un potere di interruzione inferiore alla corrente presunta di cortocircuito nell'impianto, ma devono essere in grado di sopportare tale corrente per la durata richiesta per il funzionamento dei dispositivi di protezione contro cortocircuito; nel caso b) essi devono possedere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono stati installati; nel caso c) essi devono sopportare e interrompere ogni corrente compresa tra il valore della loro corrente convenzionale di funzionamento ed il valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono installati.

7.4. Protezione contro le correnti di cortocircuito

Le linee in cavo devono essere di norma protette contro le correnti di cortocircuito da dispositivi situati a monte della linea, con tempi di intervento sufficientemente rapidi da evitare danni non accettabili al cavo. Ad evitare il deterioramento dell'isolamento, il tempo di intervento deve essere tale che la temperatura dei conduttori non superi il limite massimo ammesso per qualunque valore di sovracorrente risultante da un cortocircuito in ogni punto del cavo protetto.

7.5. Protezione contro le correnti di sovraccarico

La protezione dei cavi contro i sovraccarichi avrà lo scopo di prevedere la loro interruzione prima che si possano verificare effetti nocivi sia ai componenti del cavo, sia alle connessioni, sia all'ambiente esterno limitrofo. Le protezioni saranno situate sia a monte che a valle del cavo, in corrispondenza dei punti di prelievo del carico.

8. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

8.1. Uso dei rivestimenti metallici dei cavi come protezione contro i contatti diretti e indiretti

Le guaine metalliche, i conduttori concentrici, gli schermi metallici e le armature, se rispondenti alle prescrizioni delle norme relative, sono mezzi di protezione sufficienti contro i contatti diretti, purché siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- a) il rivestimento metallico sia posto sotto una guaina non metallica qualora esista pericolo di danneggiamento chimico meccanico;
- b) sia assicurata la continuità longitudinale del rivestimento metallico per tutto il percorso del cavo;
- c) il rivestimento metallico sia messo a terra rispettando le disposizioni;
- d) la resistenza elettrica del rivestimento metallico insieme con quella dei relativi collegamenti a terra e di continuità sia tale da rispondere ai requisiti.

Nel caso di terne di cavi unipolari, la continuità dei rivestimenti metallici sarà assicurata anche quando si ricorra alla loro trasposizione ciclica su tre tratti di lunghezza praticamente uguale in modo da annullare la tensione complessiva indotta nella guaina o schermo metallico.

8.2. Messa a terra del rivestimento metallico dei cavi

Tutti i rivestimenti metallici dei cavi saranno messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza sarà inserita a messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km.

Per collegamenti corti, in genere non superiore al Km, è pure consentita la messa a terra del rivestimento metallico in un sol punto purché vengano adottate le seguenti precauzioni:

- in corrispondenza delle terminazioni e delle interruzioni dei rivestimenti metallici, se accessibili, devono essere applicate opportune protezioni attive ad evitare tensioni di contatto superiori ai valori ammessi dalla Norma CEI 11-1;
- la guaina non metallica di protezione del cavo deve essere in grado di sopportare la massima tensione totale di terra dell'impianto di terra al quale il rivestimento metallico è collegato.

Per i sistemi di Alta Tensione dove il neutro è francamente collegato a terra e le correnti di guasto a terra sono molte elevate, sarà raccomandabile installare parallelamente ai cavi un conduttore di terra di sezione adeguata a sopportare le correnti di guasto e ridurre le sovratensioni transitorie di sequenza zero.

Dove il cavo ha più rivestimenti metallici, essi saranno connessi in parallelo, salvo nel caso di cavi appartenenti a circuiti di misura o segnalamento. Per il collegamento tra il rivestimento metallico del cavo ed il conduttore di terra, verrà ammesso l'impiego di adeguati connettori a compressione; inoltre, per i cavi con rivestimento metallico nastri o a tubo, è anche ammessa la saldatura dolce o la brasatura. In ogni caso occorre verificare che, in relazione alle caratteristiche delle guaine o dei rivestimenti metallici, i loro

collegamenti a terra, incluse le connessioni, siano tali da escludere il proprio danneggiamento e quello delle guaine rivestimenti metallici per effetto delle massime correnti che vi possono circolare.

8.3. Lavori su linee in cavo

Quando si fanno lavori lungo un cavo con rivestimento metallico, occorre premunirsi da eventuali trasferimenti di tensioni pericolose di terra o collegando il rivestimento metallico del cavo stesso a tutte le altre masse metalliche accessibili o prendendo precauzioni per isolare gli operatori dalle parti pericolose.

8.4. Messa a terra delle parti metalliche delle canalizzazioni

Tutte le parti metalliche destinate a sostenere o contenere cavi di energia ed i loro accessori verranno elettricamente collegate tra loro a terra secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-1. Per i collegamenti in cavo in AT, con neutro francamente a terra, si dovranno mettere a terra le parti metalliche.

9. MISURE DI PROTEZIONI DEI CAVI

9.1. Protezione meccanica base

Le canalizzazioni devono essere scelte in modo da prevenire danni aventi origine da azioni meccanica esterna. Nelle installazioni fisse, quando esiste il pericolo di danneggiamento meccanico, la protezione può essere fornita dal cavo stesso o dal metodo di installazione o dalla combinazione dei due moduli di protezione. Una protezione meccanica adeguata può ritenersi realizzata in condizioni ordinarie in caso di:

- cavi con rivestimento metallico conforme alla prescrizioni;
- cavi installati in tubi metallici, in materiale plastico, in condotto, in cunicolo o in canale;

tutti gli altri tipi di canalizzazione devono essere installati in posizioni tali da escludere la possibilità di danneggiamento meccanico, oppure devono essere protetti contro il danno meccanico con mezzi adatti che offrano un grado equivalente di protezione.

9.2. Protezione contro le vibrazioni

Le canalizzazioni sostenute o fissate a strutture o ad apparecchiature soggette a vibrazioni saranno di tipo adatto a sopportare tale sollecitazione. Precauzioni verranno prese in particolare nell'impiego di conduttori massicci, guaine metalliche, ecc.

9.3. Protezione contro le sollecitazioni termiche esterne

9.3.1. Installazione in ambienti a elevata temperatura

I cavi non verranno installati nei luoghi in cui la temperatura ambiente possa eccedere la massima temperatura di servizio dei cavi indicata nelle rispettive Norme diminuita di -5°C. Le canalizzazioni dovranno essere installate a distanza sufficiente da sorgenti di calore ad alta temperatura, o devono essere separate da tali sorgenti per mezzo di schermi isolati termici ed eventualmente raffreddate.

9.3.2. Protezione in relazione alle condizioni climatiche, contro sostanze corrosive o inquinanti, contro la fauna e la flora o contro influenze elettriche

9.4. Esposizione all'acqua

Le condizioni di esposizioni all'acqua nelle quali i diversi tipi di cavo possono essere impiegati.

Per quanto riguarda i cavi ad isolamento estruso destinati a sistemi con tensione nominale di 10 kV o superiore, la loro idoneità a funzionare in luoghi umidi dipende da vari fattori, quali il tipo di isolante, la tecnologia costruttiva, il gradiente elettrico di dimensionamento ed il rischio di perforazione accettabile dall'utilizzatore. Una guaina metallica, adeguatamente protetta contro il pericolo di corrosione, impedisce l'infiltrazione di umidità nell'isolante.

Nelle condizioni di esposizione all'acqua tutto il materiale metallico delle canalizzazioni deve essere adeguatamente protetto contro la corrosione interna ed esterna con una copertura di materiale resistente alla corrosione e non deve essere posto in contatto con altri metalli che possono dare origine a coppie elettrolitiche. Gli accessori devono essere a tenuta stagna; inoltre gli isolatori delle terminazioni devono avere una linea di fuga adeguata e devono essere costruiti con materiale resistente all'erosione superficiale causata dalle correnti di fuga.

9.4.1. Drenaggi

La condensa o penetrazione di acqua sarà prevenuta o eliminata mediante adatti accorgimenti di installazione o adatti dispositivi di drenaggio. I cunicoli, qualora la stagnazione di acqua possa determinare corrosioni, avranno il fondo leggermente inclinato, in modo da permettere l'evacuazione dell'acqua.

9.4.2. Esposizione alla presenza di flora

Canalizzazioni esposte alla prevedibile presenza di flora saranno scelte e installate in modo da ridurre la possibilità di danneggiamento, in particolare ci si deve premunire dagli effetti meccanici dovuti allo sviluppo di radici, dagli effetti coibenti termici dovuti a depositi o ricoprimenti vegetali, nonché dagli effetti corrosivi degli umori vegetali.

9.4.3. Esposizione alla presenza di fauna

Canalizzazioni esposte alla prevedibile presenza di fauna saranno scelte e installate in modo da ridurre al minimo la possibilità di danneggiamento.

Se è prevedibile la presenza di roditori, i cavi saranno protetti da ricopertura metallica o da un equivalente protezione estera; se è prevedibile la presenza di termiti, i cavi saranno protetti con una guaina appropriata o con una equivalente protezione esterna; sarà prevista la presenza di animali aggredenti il piombo, questo sarà protetto da apposito rivestimento.

10. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI TECNOLOGICI INTERRATI

10.1. Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione

Incroci tra cavi

Quando entrambi i cavi sono direttamente interrati, saranno osservate le seguenti prescrizioni:

- il cavo di energia deve, essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione:
- la distanza tra i due cavi non deve essere inferiore a 0.30 m:
- il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, con uno dei dispositivi; detti dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima della linea precedente, sarà applicata su entrambi i cavi la protezione suddetta, Quando almeno uno dei cavi sarà posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessita di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate.

Parallelismi fra cavi

Nei percorsi paralleli, i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione verranno, di regola, posati alla maggiore possibile distanza tra loro; nel caso per es. di posa lungo la stessa strada, possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove per giustificare esigenze tecniche criterio di cui sopra non possa essere seguito, è ammesso posare i cavi vicini fra loro purché sia mantenuta, fra essi una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata, sarà applicata sul cavo posato alla minore profondità, oppure su entrambi i cavi quando la differenza di quota fra essi è minore di 0.15 m, uno dei dispositivi di protezione descritti successivamente.

Le prescrizioni di cui sopra non saranno applicati quando almeno uno dei cavi è posato, per tutta la tratta interessata, in appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, etc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi. Le prescrizioni di cui sopra non saranno applicate quando i due cavi sono posati nello stesso manufatto; per tali situazioni di impianto si dovranno prendere tutte le possibili precauzioni, ai fini di evitare che i cavi di energia e di telecomunicazione verranno a diretto contatto fra loro, anche quando le loro guaine sono elettricamente connesse. In particolare:

- nel caso di gallerie, la posa dei cavi di telecomunicazione e di energia sarà fatta su mensole distinte, chiaramente individuabili;
- nel caso di cunicoli o di condotti, la posa dei cavi di energia e di quelli di telecomunicazione sarà fatta in sedi o fori distinti.

10.2. Dispositivi di protezione

1 dispositivi di protezione saranno costituiti da involucri (cassette o tubi) preferibilmente in acciaio zincato a caldo o inossidabile, con pareti di spessore non inferiore a 2 mm. Sono ammessi involucri protettivi differenti da quelli sopra descritti purché presentino adeguata resistenza meccanica e sono, quando il materiale di cui sono costituiti lo renda necessario, protetti contro la corrosione.

10.3. Coesistenza tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento

I circuiti di comando e segnalamento saranno oggetto di disturbi, tali da alterarne il regolare funzionamento, causati da fenomeni dovuti a transitori sui circuiti di energia che saranno accoppiati con i circuiti di comando e segnalamento stessi. Per ciò che attiene alla mutua influenza dovuta a interferenze magnetiche tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento, valgono le prescrizioni del CT 304 del CEI; per le interferenze di tipo elettrico o meccanico, qualora gli esercenti di questi cavi sono diversi e non esistano tra loro particolari accordi, valgono le prescrizioni precedenti.

10.4. Coesistenza tra cavi di energia e tubazione o serbatoi metallici, interrati

10.4.1. Incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati

L'incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non dovrà effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si dovranno avere giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio, a meno che non siano attuati i provvedimenti descritti nel seguito. Nessuna particolare prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazione metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,5 m.

Tale distanza sarà ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (per es. lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Nota: i manufatti di protezione e gli elementi separatori in calcestruzzo armato si considerano non metallici; come manufatto di protezione di singole strutture con sezione circolare saranno utilizzati collari di materiale isolante fissati ad esse.

Le distanze sopra indicate saranno ulteriormente ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe saranno osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che procedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare puntualmente le prescrizioni sul distanziamento.

10.4.2. Parallelismi fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati

Nei parallelismi fra cavi di energia e le tubazioni metalliche saranno posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo fra gli esercenti:

- a) a) quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m ;
- b) quando tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongano fra le strutture elementari separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non saranno mai disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni per altro uso, tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo di energia e le tubazioni non saranno posti a diretto contatto fra loro.

10.5. Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

La coesistenza tra gasdotti interrati e cavi di energia posati in cunicoli od altri manufatti, è regolamentata dal D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8".

Pertanto, nel caso di incroci e parallelismi tra cavi di energia e tubazioni convoglianti gas naturali le modalità di posa ed i provvedimenti da adottare al fine di ottemperare a quanto disposto dal detto D.M. 24.11.1984, saranno definiti con gli Enti proprietari o Concessionari del gasdotto. Le prescrizioni

contenute negli articoli precedenti del presente Capitolo sono applicabili, ove non in contrasto col suddetto D.M.. per incroci parallelismo con cavi direttamente interrati con le modalità di posa L ed M.

10.5.1. Serbatoi di liquidi e gas infiammabili

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

11. ATTRAVERSAMENTI DI LINEE IN CAVO CON FERROVIE, TRANVIE, FILOVIE, FUNICOLARI TERRESTRI, AUTOSTRADE, STRADE STATALI E PROVINCIALI

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo interrato con ferrovie, tranvie, filovie funicolari terrestri in servizio pubblico o in servizio privato per trasporto di persone, autostrade, strade statali e provinciali e loro collegamenti nell'interno degli abitati, il cavo sarà disposto entro robusti manufatti (tubi, cunicoli etc.) prolungati di almeno 0,60 m fuori della sede ferroviaria o stradale, da ciascun lato di essa, e disposti a profondità non minore di 1,50 m sotto il piano del ferro di ferrovie di grande comunicazione, non minore di 1,0 m sotto il piano del ferro di ferrovie secondarie, tranvie, funicolari terrestri, nonché sotto il piano di autostrade, strade statali e provinciali. Le distanze vanno determinate dal punto più alto della superficie esterna del manufatto. Le gallerie praticabili devono avere gli accessi difesi da chiusure munite di serrature a chiave. Quando il cavo viene posato in gallerie praticabili sottopassanti l'opera attraversata, non si applicano le prescrizioni di cui sopra purché il cavo sia interrato a profondità non minore di 0,50 m sotto il letto della galleria, o sia protetto contro le azioni meccaniche mediante adatti dispositivi di protezione (di cemento, mattoni, legno o simili).

12. PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE

Il rispetto delle prescrizioni sulle distanze di cui ai precedenti paragrafi sarà accertato con rilievi diretti eseguiti sul campo, qualora le strutture vengano posate congiuntamente o qualora la posa di una di esse richieda lo scoprimento almeno parziale della o delle altre. Negli altri casi le distanze saranno invece determinate in base alle strutture preesistenti, quale risulta dalle registrazioni disponibili presso i relativi esercenti e, se del caso, mediante sondaggi di verifica effettuati sul luogo.

12.1. Campi elettromagnetici

Agli effetti dell'esposizione del corpo umano dei campi elettrici e magnetici si farà riferimento ai provvedimenti legislativi in vigore.

12.2. Campi elettrici dovuti a linee in cavo schermato

Lo schermo dei cavi sarà sufficiente a ridurre il campo elettrico a livelli trascurabili.

12.3. Campi magnetici dovuti a linee in cavo interrate

Per i metodi di calcolo dei campi magnetici, si farà riferimento alla Norma CEI 211-4 relativa alle linee aeree, ma utilizzabile anche nel caso di cavi sotterranei. Per la misura e la valutazione dei campi magnetici a bassa frequenza, con riferimento all'esposizione umana ad essi, si può far riferimento alla Guida CEL 211-6.

L'intensità del campo magnetico decresce rapidamente con la distanza e che l'incremento della profondità di posa e la loro disposizione a trifoglio, a parità di altre condizioni, attenuano il campo magnetico. La scelta di queste schermature è stata fatta in debita considerazione per le perdite aggiuntive per correnti indotte che necessariamente verranno a crearsi, e tale effetto dovrà essere valutato ai fini del computo della portata di corrente del collegamento.

Per la scelta delle suddette schermature è stata fatta in debita considerazione per le perdite aggiuntive per correnti indotte che necessariamente verranno a crearsi, e tale effetto dovrà essere valutato ai fini del computo della portata di corrente di collegamento. Per la scelta delle suddette schermature, far riferimento alla Guida del CT 106 e del CEI nella quale si stanno definendo criteri generali circa la mitigazione dei campi elettromagnetici.

13. ACCESSORI

13.1. Scelta in relazione alle condizioni di posa e di esercizio

La terminazione le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie anomale (sovracorrenti e sovratensioni).

13.2. Scelta degli accessori in relazione alle tensioni

La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati.

Per gli accessori destinati a sistemi a corrente alternata aventi tensione massima superiore a 72,5 KV o a sistemi a corrente continua, è opportuno che acquirente e fornitore concordino caso per caso la scelta della linea di fuga dell'isolatore più appropriata alle reali condizioni ambientali (nebbia salina, inquinamento ambientale, etc).

13.3. Scelta degli accessori in relazione a condizioni di corrente di cortocircuito

Gli accessori devono poter sopportare le correnti di cortocircuito previste per la sezione dei conduttori, delle guaine e degli schermi dei cavi su cui vengono montati. Il superamento delle prove di cortocircuito termico dinamico previste dalla Norma CEI 20-62, è sufficiente per qualificare l'accessorio come idoneo a sopportare gli effetti termici e dinamici delle sovracorrenti di breve durata. I valori delle correnti di prova previsti dalle suddette Norme possono solo costituire una guida per la scelta dell'accessorio in relazione alle condizioni ai esercizio; in ogni caso occorre fare riferimento ai limiti di temperatura ammissibile per l'accessorio.

13.4. Connessioni

I connettori saranno di materiale e di forma appropriati in relazione ai conduttori che dovranno collegare e alla tensione cui si prevede debbano funzionare. La rispondenza dei connettori alla Norma CEI 20-73 è condizione sufficiente per qualificarli idonei al collegamento dei conduttori per cui sono previsti. I connettori ospiteranno e tratteranno sicuramente tutti i fili elementari dei conduttori e saranno realizzati in modo tale che, durante l'esercizio, non si verificheranno sfilamenti dei conduttori conseguenti a fenomeni vibratorii, tecnici, ecc.

Nel caso di conduttori di alluminio dovranno essere evitate sollecitazioni meccaniche anomale che facciano insorgere nelle parti costituenti la connessione coazioni interne tali da compromettere il contatto, adottando eventualmente idonei mezzi per ridurre tale rischio (per es. sistemi autostringenti, ovvero rondelle elastiche).

I connettori a compressione destinati a conduttori di alluminio risponderanno ai requisiti della Norma CEI 20-73. Nel caso di connessioni non saldate i connettori dovranno preferibilmente essere dello stesso metallo costituente i conduttori. Quando tuttavia si realizzerà una connessione tra conduttori di metalli diversi, i metalli impiegati devono avere potenziali intrinseci quanto più possibile prossimi tra di loro, onde limitare processi di corrosione in presenza di elettrolito (Norma CEI EN 61284).

Nel caso di connessioni non saldate comportanti una superficie di contatto in alluminio, che sarà soggetto a processi di ossidoriduzione con conseguente formazione di strati isolanti di allumina, è opportuno adottare adeguati provvedimenti per proteggere la connessione (paste inibenti, nastri tamponanti ecc.). E' necessario inoltre che prima dell'applicazione le superfici di contatto in alluminio saranno spalmate con pasta abrasiva conduttrice.

13.5. Isolamento

I materiali impiegati negli accessori non daranno luogo a reazioni tali da influenzare negativamente la vita della canalizzazione.

13.6. Condizioni di posa

Nel caso di connessioni di tipo permanente l'accessorio sarà installato in posizione compatibilmente con la destinazione dell'ambiente circostante e con l'esistenza di altri servizi. Per es. nel caso di giunzioni interrato è stato ritenuto opportuno evitare la loro posa in corrispondenza di passi carrai e attraversamenti stradali. Per quanto riguarda le distanze da tenere nei confronti di altri servizi tecnologici interrati, verranno osservate le prescrizioni dell'art. 6. Nel caso di connettori sconnettibili (Norma CEI 20-28) l'accessorio sarà installato in posizione tale da permettere l'esecuzione delle manovre relative in condizioni di sicurezza. Il contenitore avrà le dimensioni tali da consentire un agevole stacco e riattacco dei circuiti interessati.

14. COLLAUDO DOPO POSA

14.1. Collaudo dopo posa

Prima della messa in servizio sarà eseguito un controllo, completato dalle prove descritte nei paragrafi seguenti, allo scopo di assicurarsi che il montaggio degli accessori sia stato eseguito senza difetti e che i cavi non siano deteriorati durante la posa. Per la messa a disposizione dei mezzi necessari ad eseguire le prove dopo posa saranno presi accordi caso per caso tra committente ed installatore.

14.2. Prova di tensione applicata

La prova sarà eseguita con tensione continua, applicata per 15 min tra ciascun conduttore e lo schermo. Il valore della tensione continua di prova, in k V, deve essere pari a:

- 4,5 U_0 per i cavi isolati in carta impregnata con $U_0 < 36$ kV
- 4,0 U_0 per i cavi isolati in carta impregnata con $36 \text{ kV} < U_0 < 130$ kV
- 3,5 U_0 per i cavi isolati in carta impregnata con $130 \text{ kV} < U_0 < 230$ kV
- 3,0 U_0 per i cavi con isolante estruso

oppure al 50 % della tensione di tenuta ad impulso atmosferico U_p se questo valore risulta inferiore. Se il cavo termina in un trasformatore o in un interruttore blindato, per questa prova è necessario un accordo tra committente e i costruttori o gli installatori del trasformatore o dell'interruttore e del cavo. Per cavi con isolamento estruso, la prova può essere eseguita in alternativa con uno dei metodi sotto indicati:

1. Prova alla frequenza di rete applicando la tensione di esercizio trifase del sistema per la durata di 24 ore;

2. Prova alla frequenza variabile compresa tra 20 Hz e 300 Hz applicando la tensione indicata Tensione di esercizio nominale ($U = 36 \text{ kV}$, $U_o = 52 \text{ kV}$); Tensione di prova fase-terra 52 kV efficaci); tra il conduttore e lo schermo metallico per la durata di un'ora.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

15. SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONI

Il sistema di telecomunicazioni sarà realizzato per la trasmissione dati Cabina di Raccolta Generale dell'impianto fotovoltaico alla S.E. del Gestore della RTN, e sarà costituito da un cavo con 12 o 24 fibre ottiche, e comunque sempre in concordanza con quanto indicato nelle specifiche dell'Ente gestore della RTN a cui ci si connette. Nella figura seguente è riportato lo schema del cavo f.o. che potrà essere utilizzato per il sistema di telecomunicazioni.

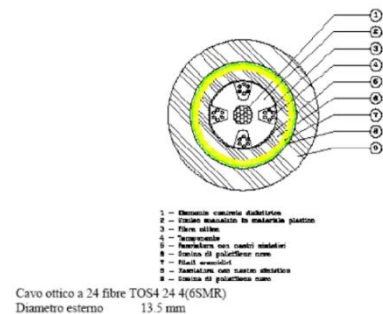


Figura 13.1 – Schema cavo fibre ottiche.

16. RUMORE

L'elettrodotto in cavo interrato non costituisce fonte di rumore, né a 30 kV e nemmeno a 150 kV.

La stazione di step-up 30/2150 kV presenta delle componenti di rumore dovute ai fenomeni magnetostrittivi dei trasformatori, proporzionali al carico istantaneo che transita in essi, e delle componenti dovute all'eventuale attivazione dei sistemi di raffreddamento dei trafo stessi (ventole), che comunque tendono a ridursi di intensità rapidamente, così da poterli ritenere trascurabili già nelle aree a distanza di sicurezza dovute al livello di tensione utilizzato.

17. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi B decrescono molto rapidamente con la a come mostrato dai grafici riportati nel seguito.

Tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche **rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è **sempre garantito** indipendentemente dalla distanza degli stessi dall' elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea **rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto**.

15.1. Richiami normativi

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.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea 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 CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001. che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

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; ha definito il 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; ha definito, infine, l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001)., come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 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 CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

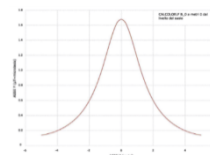
In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in **100 microtesla** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico: ha stabilito il valore di attenzione di **10 microtesla**, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di **3 microtesla**.

È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata - nell'intero territorio nazionale - esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

15.2. Configurazioni di carico

Di lato viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse di elettrodotto.



Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi tripolari elicordati (per la MT) ad una profondità di 1.00 metri e cavi unipolari posati a triangolo (per l' AT) posati ad una profondità di 1.50 m, con un valore di corrente pari a **1'264 A in MT e 253 A in AT**.

La configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio (nel tratto in AT) dei conduttori.

In figura precedente è riportato qualitativamente l'andamento dell'induzione magnetica al suolo, determinata avendo considerato una corrente in regime permanente. Considerando che l'impianto fotovoltaico avrà un funzionamento a piena potenza solo in particolari condizioni (mesi estivi) e in particolari fasce orarie giornaliere (ore di punta per l'irraggiamento solare), le ipotesi considerate rappresentano i valori massimi e NON permanenti per i fenomeni descritti.

Nelle condizioni di funzionamento al di fuori delle ore di punta, le curve indicate manterranno le "forme" ma con valori decisamente inferiori ai massimi indicati.

Ai fini del calcolo della DPA è stata invece considerata la sezione di un cavo in alluminio capace di veicolare la corrente massima in uscita dall'impianto, secondo quanto descritto nei relativi paragrafi precedenti, ossia:

Tratto in MT:

- Cavo tripolare in alluminio, tipo ARP1H5EX 18/30 kV, con formazione 3x(3x300) mmq;
- Corrente di linea: 1'264 A

Tratto in AT:

- Cavo unipolare in alluminio con posa a triangolo, tipo HV SUPERFLEX 87/150 kV, con formazione 3x(1x150) mmq;
- Corrente di linea: 253 A

Per un calcolo approssimato e indicativo, possiamo utilizzare la seguente formula: $\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$

Da cui si ottiene:

Tratto in MT: D.P.A. = 3.94 che si arrotonda al mezzo metro superiore risultando **D.P.A. = 4.00 m**.

Tratto in AT: D.P.A. = 1.76 che si arrotonda al mezzo metro superiore risultando **D.P.A. = 2.00 m**.

N°	TRATTO DEL PRECORSO	NUMERO DI LINEE			POTENZA		TENSIONE	CORRENTE	IPOTESI CAVO			DPA											
		Orig.	Add.	TOT.	[MW]	[MW]	[kV]	[A]	Tipologia	Posa	Sez Linea	Sez eq	Diam eq	Calcolo di servizio DPA			DPA	DPA					
														Calcolata	[m]	[m]							
LINEA DI CONNESSIONE ALLA RTN																							
	Linea di connessione alla RTN	1	2	3	62.40	62.40	30	1'264	0.95	L	E	T	T284.09	3x240	3x240	50.73	0.15	3.05	4.68	3.94	3.94	3.94	4.00
	Linea di connessione alla RTN	1	0	1	62.40	62.40	150	253	0.95	L	U	T	252.82	3x150	3x150	102.34	0.15	1.97	2.09	1.76	1.76	Linea A	2.00

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché **in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo**.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 µT in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata).

Tuttavia, in casi particolari, ove necessario, potrà essere utilizzata la tecnica di posa con schermatura realizzata inserendo i cavi, con disposizione a trifoglio ed inglobati in tubi in PE riempiti di bentonite, in apposite canalette in materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata.

Il comportamento delle canalette ferromagnetiche è stato sperimentalmente provato ed applicato in altri impianti già realizzati con risultati attesi.

L'efficacia della canaletta consentirà un'attenuazione dell'induzione magnetica pari almeno ad un ordine di grandezza; ciò che garantirà il pieno rispetto del limite imposto.

18. REALIZZAZIONE DELL'OPERA

16.1. Fasi di costruzione

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea in progetto (circa 500 metri), avanzando progressivamente sul territorio. In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere:
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini,

In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare per tratti interni ai centri abitati e in corrispondenza di attraversamenti, si potrà procedere anche con modalità diverse da quelle su esposte.

In particolare si evidenzia che in alcuni casi sarà necessario procedere con:

- posa del cavo in tubo interrato;
- staffaggio su ponti o strutture pre-esistenti;
- perforazione teleguidata;
- realizzazione manufatti per attraversamenti corsi d' acqua.

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

16.2. Realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere per la posa del cavo

Prima della realizzazione dell'opera sarà necessario realizzare le piazzole di stoccaggio per il deposito delle bobine contenenti i cavi; di norma vengono predisposte piazzole circa ogni 500-600 metri. Tali piazzole sono, ove possibile, realizzate in prossimità di strade percorribili dai mezzi adibiti al trasporto delle bobine e contigue alla fascia di lavoro, al fine di minimizzare le interferenze con il territorio e ridurre la conseguente necessità di opere di ripristino. Si eseguiranno, se non già presenti, acesi provvisori dalla viabilità ordinaria per permettere l'ingresso degli autocarri alle piazzole stesse.

16.3. Apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea

Le operazioni di scavo e posa dei cavi richiedono l'apertura di un' area di passaggio, denominata "fascia di lavoro". Questa fascia dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio.

16.4. Posa del cavo

In accordo alla normativa vigente, l'elettrodotto interrato sarà realizzato in modo da escludere, o rendere estremamente improbabile, la possibilità che avvenga un danneggiamento dei cavi in tensione provocato dalle opere sovrastanti (ad esempio, per rottura del sistema di protezione dei conduttori).

Una volta realizzata la trincea si procederà con la posa dei cavi, che arriveranno nella zona di posa avvolti su bobine. La bobina viene comunemente montata su un cavalletto, piazzato ad una certa distanza dallo scavo in modo da ridurre l'angolo di flessione del conduttore quando esso viene posato sul terreno. Durante le operazioni di posa o di spostamento dei cavi saranno adottate le seguenti precauzioni:

- a) si opererà in modo che la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non sia inferiore a 0° C.
- b) i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere mai inferiori a 15 volte il diametro esterno del cavo.

16.5. Ricopertura e ripristini

Al termine delle fasi di posa e di rinterro si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino.

La fase comprende tutte le operazioni necessarie per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell' opera. Le opere di ripristino previste possono essere raggruppate nelle seguenti due tipologie principali:

- ripristini geomorfologici ed idraulici;
- ripristini della vegetazione.

Preliminarmente si procederà alle sistemazioni generali di linea, che consistono nella ri-profilatura dell'area interessata dai lavori e nella ri-configurazione delle pendenze preesistenti, ricostruendo la morfologia originaria del terreno e provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui, nonché delle lince di deflusso eventualmente preesistenti.

La funzione principale del ripristino idraulico è essenzialmente il consolidamento delle coltri superficiali attraverso la regimazione delle acque, evitando il ruscellamento diffuso e favorendo la ricrescita del manto erboso. Successivamente si passerà al ripristino vegetale, avente lo scopo di ricostituire, nel più breve tempo possibile, il manto vegetale preesistente nelle zone con vegetazione naturale. Il ripristino avverrà mediante:

- ricollocazione dello strato superficiale del terreno se precedentemente accantonato;
- inerbimento;
- messa a dimora, ove opportuno, di arbusti e alberi di basso fusto.

Per gli inerbimenti verranno utilizzate specie erbacee adatte all'ambiente pedoclimatico, in modo da garantire il migliore attecchimento e sviluppo vegetativo possibile. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire l'originaria fertilità.

16.6. Scavo della trincea in corrispondenza dei tratti lungo percorso stradale

Tenendo conto che il tracciato si sviluppa su percorso adiacente alla sede stradale e, quando la strada lo consente e la situazione lo richiede (cioè nel caso in cui la sede stradale permetta lo scambio di due mezzi pesanti) sarà realizzata, come anticipato, la posa in scavo aperto, mantenendo aperto lo scavo per tutto il tratto compreso tra due giunti consecutivi (500-600 m) e istituendo per la circolazione stradale un regime di senso unico alternato mediante semafori iniziale e finale, garantendo la opportuna segnalazione del conseguente restringimento di corsia e del possibile rallentamento della circolazione. In casi particolari e solo quando si renderà necessario potrà essere possibile interrompere al traffico, per brevi periodi, alcuni tratti stradali particolarmente stretti, segnalando anticipatamente ed in modo opportuno la viabilità alterativa e prendendo pendendo i relativi accordi con comuni e gli enti interessati.

Sempre in caso la situazione lo richieda, per i tratti su strade strette o in corrispondenza dei centri abitati, si potrà procedere con lo scavo di trincee più brevi (anche fino a soli 30-50 m) all' interno delle quali sarà posato il tubo di alloggiamento dei cavi, da ricoprire e ripristinare in tempi brevi, effettuando la posa del cavo tramite sonda nell' alloggiamento sotterraneo e mantenendo aperti solo i pozzetti in corrispondenza di eventuali giunti.

16.7. Trivellazione orizzontale controllata

La modalità dell' attraversamento con Trivellazione Orizzontale Controllata consente l'attraversamento di fiumi, canali o altre strutture a notevoli profondità. Questo consente grande sicurezza ed evita, inoltre, interventi alle strutture su argini e/o sponde. In tali casi, l'intervento sarà effettuato nelle fasi seguenti:

- 1) In una prima fase si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, creano un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza ad uno di arrivo;
- 2) nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto (tipicamente un $\Phi = 200$ mm). Insieme all' alesatore, o successivamente, vengono posate le condutture ben sigillate entro cui verrà posizionato il cavidotto.

La trivellazione viene eseguita ad una profondità di circa 10,00 m sotto l'alveo del corso d'acqua, tale da non essere interessata da fenomeni di erosione, mentre i pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno.

16.8. Sicurezza nei cantieri

lavori si svolgeranno in ossequio alla normativa del D. Lgs. 81/08, e successive modifiche ed integrazioni pertanto, in fase di progettazione la società proponente provvederà a nominare un Coordinatore per la

sicurezza in fase di progettazione, abilitato ai sensi della predetta normativa, che redigerà il Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Successivamente, in fase di realizzazione dell' opera, sarà nominato un Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, anch'esso abilitato, che vigilerà durante tutta la durata dei lavori sul rispetto da parte delle ditte appaltatrici delle norme di legge in materia di sicurezza e delle disposizioni previste nel Piano di Sicurezza e Coordinamento.

19. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali riferimenti normativi da prendere in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento.

Il progetto dei cavi e le modalità per la loro messa in opera rispondono alle norme contenute nel D.M. 21.03.1988, regolamento di attuazione della Legge n. 339 del 28.06.1986, per quanto applicabile, ed alle Norme CEL 11-17.

Leggi

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 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";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 ";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- D.M. 03.12.1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;
- D.Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». D. M. 17 gennaio 2018.

Norme tecniche

Norme CEI

- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 11-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", nona edizione, 1999-01;
- CEI 304-1 "Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza", ed. prima 2005;
- 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", prima edizione, 2006:02;
- CEI EN 61936-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a";
- CEI 11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica – Linee in cavo", terza edizione, 2006-07.

20. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

18.1. PREMESSA

Il percorso del cavidotto si sviluppa ai bordi di strade e pertanto insiste su un tracciato fortemente alterato dall'attività antropica. Giova richiamare che la realizzazione del cavidotto genera impatti temporanei e reversibili.

Ai fini di valutare gli impatti potenzialmente generati dalla realizzazione di cavidotto sul contesto di area vasta, si è proceduto ad analizzare la presenza di vincoli e prescrizioni con particolare riferimento a:

- Piano Paesaggistico Regionale (PPR)
- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- Piano stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Oltre a questi piani, la valutazione ha analizzato il contesto dai seguenti punti di vista:

- fauna, flora;
- valenze archeologiche, storiche, culturali.

Gli impatti temporaneamente e potenzialmente indotti dalle attività connesse all'intervento e i relativi ricettori sono riportati nella seguente tabella.

IMPATTI	RICETTORI
Alterazione ecosistema	Fauna, flora, vegetazione
Accumulo terre da scavo	Suolo
Inquinamento acustico	Fauna, addetti ai lavori
Inquinamento da polvere	Vegetazione e flora
Emissioni gas dai mezzi meccanici	Atmosfera
Distruzione emergenze archeologiche	Beni archeologici

Tabella 1 - Potenziali impatti temporanei e ricettori

Tutti i dettagli sulle valutazioni sono dettagliatamente descritti nelle relative relazioni specialistiche allegate al presente progetto.

21. TAVOLE ALLEGATE

- I) TAV_LIN_04-CAB (Cabina di Raccolta Generale: partenza della linea di connessione ad RTN);
- II) TAV_LIN_05-UNIF (Schemi unifilari della linea di connessione alla RTN);
- III) TAV_LIN_06-PART (Particolari Linea connessione ad RTN: Tracciato e Particolari);
- IV) TAV_LIN_07-STEP-UP-1 (Stazione si Step-up 30/150 kV);
- V) TAV_LIN_07-STEP-UP-2 (Particolari della Stazione si Step-up 30/150 kV);

Cagliari, 12 dicembre 2023