

REGIONE LAZIO

Comuni di Viterbo, Bagnoregio e Celleno (VT)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO PARI A
40.926,0 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 32.000 kW
sito nel comune di Viterbo, Bagnoregio e Celleno (VT) e delle opere di
connessione alla RTN

TITOLO

Relazione tecnica dei cavidotti

PROGETTAZIONE

PROPONENTE



SR International S.r.l.
C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma
Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106
C.F e P.IVA 13457211004



ALTER UNO S.r.l.

Alter Uno S.r.l.
Via Principessa Clotilde,7 - Roma (RM)
C.F. e P.IVA 16155091008

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	01/12/2021	Lauretti	Bartolazzi	Alter Uno S.r.l.	Relazione tecnica dei cavidotti

N° DOCUMENTO

ALT-VTB-RTC

SCALA

--

FORMATO

A4

INDICE

INDICE DELLE FIGURE.....	2
INDICE DELLE TABELLE	2
1. PREMESSA	4
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FV	4
2. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA	5
3. PROVINCE E COMUNI INTERESSATI	8
4. VINCOLI	8
5. ATTRAVERSAMENTO DI FOSSI, CORSI D'ACQUA E METANODOTTI	9
5.1 ATTRAVERSAMENTO DELLA FERROVIA	10
6. PROGETTO DEL CAVIDOTTO IN MT INTERRATO DI EVACUAZIONE	10
6.1 PREMESSA	10
6.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
6.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT.....	10
6.4 DIMENSIONAMENTO DEL CAVO	12
6.5 MODALITA' DI POSA E ATTRAVERSAMENTI	14
7. PERCORSO DEL CAVIDOTTO DI EVACUAZIONE.....	17
7. PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE	25
8. TRACCIATO DEL CAVIDOTTO IN AT A 150 KV.....	25
8.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN AT E DIMENSIONAMENTO	26
8.2 MODALITÀ DI POSA DEL CAVO IN AT	28
9. RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI.....	32
10. SOLLECITAZIONI A TRAZIONE.....	33
11. PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	33
11.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE	33
11.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	34
11.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	34
11.4 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO	34
12. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	34
12.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI.....	34
12.2 MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI	35
12.3 MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI	35
13. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI	36
13.1 INCROCI E PARALLELISMI CON CAVI DI TELECOMUNICAZIONE	36
13.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	36
13.3 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAMENTO	36

13.4	COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI , SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI	36
13.5	SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI	37
14.	CAMPI ELETTROMAGNETICI	37

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	– Attraversamento mediante tecnica TOC dei fossi.....	7
Figura 2	– Attraversamento dei fossi su lato ponte	7
Figura 3	– Attraversamento dei metanodotti della Snam	8
Figura 4	– Attraversamento mediante tecnica TOC della linea ferroviaria Viterbo-Attigliano	8
Figura 5	– Sezioni dello scavi in MT esterno.....	15
Figura 6	– <i>Inquadramento su ortofoto: aree d’impianto (in verde) e percorso del cavidotto in MT (in blu) fino alla Sottostazione di Grotte</i>	19
Figura 7	– Attraversamento del fosso N°1-“Della Crocicchia”	20
Figura 8	– Attraversamento dei fossi: N°2 e N°3- denominati “Vetriolo”.....	21
Figura 9	– Attraversamento del fosso N°4-“Fiorentino”	21
Figura 10	– Attraversamento del fosso N°5-“della Cadutella”.....	22
Figura 11	– Attraversamento del fosso N°6-“San Martino”.....	22
Figura 12	Attraversamenti dei fossi N°7-“Valle Monda” e N°8-“del Lamarelle”.....	23
Figura 13	– Attraversamento del fosso N°9 “Guado Francesco” e del metanodotto Snam N°12	23
Figura 14	– Attraversamento del fosso N°10 “della Casetta”.....	24
Figura 15	– Attraversamento del fosso N°11 “di Fralupo”	24
Figura 16	– Attraversamento ferroviario N°13 della ferrovia “Viterbo-Attigliano” e del metanodotto Snam N°14	25
Figura 17	– Cavidotto in AT (in rosso) di collegamento tra la SEU e la SSE RTN	26
Figura 18	– Tipico di collegamento “cross bonding” per un cavo in AT.....	29
Figura 19	– Sezioni tipiche di scavo e di posa per il cavo in AT a 150 kV	30

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	– Dati tecnici impianto	5
Tabella 2	– Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT	11
Tabella 3	– Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine utente.....	13

Tabella 4 - Dimensionamento cavo MT di connessione tra la cabina utente CU3 e la Stazione utente SU	14
Tabella 5 - Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in AT.....	27

1. PREMESSA

L'oggetto della seguente relazione tecnica è la descrizione dei cavidotti interrati interni ed esterni all'area d'impianto fotovoltaico che verranno realizzati nei territori comunali di Viterbo, Bagnoregio e Celleno (VT), con particolare riferimento al cavidotto di evacuazione in MT a 30 kV che trasporta l'energia prodotta dai moduli FV fino alla stazione utente di trasformazione ed al cavidotto in AT a 150 kV che collega quest'ultima cabina con la nuova sottostazione elettrica RTN di smistamento a 150 kV che sarà ubicata nel Comune di Viterbo (VT) in località "Piscinale" della Frazione di Grotte S. Stefano, collegata tramite un cavidotto interrato in AT con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN da inserire in entra-esce sulla dorsale RTN 380 kV "Pian della Speranza-Roma Nord".

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FV

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato su strutture ad inseguimento solare monoassiali del tipo "2-in-landscape", con sistema backtracking, con una potenza nominale installata di circa 40.926,0 kWp. Per il layout d'impianto, in questa fase, sono stati scelti moduli bifacciali della potenza nominale di 570 Wp (in condizioni STC) della Longi, modello LR5-72HND-570W, bifacciali, per un totale di circa 71.800 moduli fotovoltaici monocristallini. Le strutture tracker che compongono l'impianto FV avranno lunghezze diverse, multiple della lunghezza di una stringa di moduli (composta cioè da n.25 moduli collegati in serie per una potenza di stringa pari a circa 14,25 kWp), con una distanza di pitch di circa 9,5 m. Gli inverter multistringa utilizzati nel seguente progetto, saranno del tipo SUN2000-215 KTL-H3 della Huawei, per un totale di 208 inverter.

Tali inverter saranno connessi elettricamente alle 10 cabine di trasformazione BT/MT (CT), ubicate all'interno delle aree d'impianto. Quest'ultime saranno poi collegate alle 3 cabine utente (CU) interne all'area d'impianto. Dalla cabine utente di ciascuna area, verrà trasportata l'energia elettrica prodotta dall'impianto FV fino alla stazione utente di trasformazione MT/AT 30/150 kV, attraverso un cavidotto interrato costituito da terne di cavi unipolari della sezione di 630 mmq ciascuna, con una lunghezza di circa 21,0 km in totale.

Da qui l'energia prodotta dall'impianto sarà immessa alla Rete RTN, mediante un cavidotto in AT 150 kV interrato, avente una sezione nominale di 1.600 mmq, verso il punto di consegna che, secondo la STMG, è uno stallo dedicato nella sezione a 150kV della Sottostazione RTN.

Nei paragrafi successivi saranno descritti in dettaglio sia i percorsi dei cavidotti che il dimensionamento dei cavi elettrici in MT ed AT.

Di seguito sono riportati in Tabella 1 i dati tecnici riassuntivi dell'impianto FV:

Potenza nominale dell'impianto [kWp]	40.926
Potenza modulo fotovoltaico monocristallino [Wp]	570
Numero di moduli totali	71.800
Area d'impianto [ha]	54,7
Superficie captante fotovoltaica [ha]	18,4
N° strutture trackers	1436
N° cabine di trasformazione BT/MT 0,8/30 kV	10
N° cabine utente	3
N° cabina control room	1
Lunghezza cavo da 6 mmq in BT CC [m]	67360
Lunghezza terna di cavi unipolari da 150 mmq in BT in ac [m]	9590
Lunghezza terna di cavi unipolari da 300 mmq in BT in ac [m]	25090
Lunghezza terna di cavi unipolari da 95 mmq in MT a 30 kV [m]	2110
Lunghezza terna di cavi unipolari da 185 mmq in MT a 30 kV [m]	940
Lunghezza cavi illuminazione e videosorveglianza da 2,5 mmq in BT in ac [m]	8500
Lunghezza terne di cavi unipolari da 630 mmq esterno in MT a 30 kV [m]	51450
Lunghezza terna di cavi unipolari da 1600 mmq in AT a 150 kV [m]	160

Tabella 1 – Dati tecnici impianto

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di cavi con pari prestazioni.

2. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA

I cavidotti interni e di collegamento dell'impianto alle stazioni elettriche saranno realizzati completamente interrati. I cavidotti BT e MT interni all'impianto, avranno rispettivamente una profondità di 0,6÷0,9 m (relativamente al numero di terne di cavi in bt interrati) ed 1 m dal piano campagna e una larghezza variabile da un minimo di 0,5 m fino a 0,8 m, dipendente dal numero di cavi posati nello scavo. Lo scavo contenente il cavidotto che collega le cabine utente tra di loro e la cabina utente CU3 alla stazione utente di trasformazione, avrà una larghezza minima di 0,6 m ed una profondità di 1,2 m. Infine, il cavidotto in AT a 150 kV di connessione tra la stazione utente e la SST RTN, sarà interrato ad una profondità minima di 1,7 m, e lo scavo avrà una larghezza minima di 0,8 m. I cavi in MT interrati e posati orizzontalmente entro lo stesso scavo, saranno distanziati di circa 7 cm tra di loro così come i cavi in bassa tensione.

Lo schema di posa dei cavidotti citati prevede un allettamento in sabbia, il riempimento col terreno escavato e una copertura superficiale con materiale inerte di cava. Sul percorso saranno previsti dei pozzetti di sezionamento e d'ispezione, indicativamente ogni 100 m circa interni all'area d'impianto e 200 m circa, esterni. Quelli posti sui percorsi accessibili agli automezzi, saranno provvisti di telaio e di coperchio di tipo carrabile in ghisa. Il cavidotto di evacuazione in MT e quello in AT saranno posati quasi interamente in corrispondenza della viabilità esistente, che risulta essere asfaltata o sterrata. La posa avverrà, fin quando possibile, in affiancamento nella banchina stradale, e si interesserà la sede stradale solo ove non sia disponibile uno spazio di banchina. Nel tratto stradale in cui i due percorsi l'attraversano, verranno posiziati sui lati opposti della carreggiata.

Lungo il tracciato, il cavidotto in MT attraverserà:

- 1) dei corsi d'acqua o fossi;
- 2) un tratto ferroviario della linea "Viterbo-Attigliano" al km 18+420;
- 3) due punti stradali sede di due metanodotti paralleli, delle tratte "Gallese-Arezzo" - "Gallese-Celleno", per ciascun punto, della società Snam.

Il primo attraversamento potrebbe essere realizzato sia ponendo il cavidotto a lato del ponte di attraversamento del fosso protetto da canalina metallica ancorata alla struttura (qualora le dimensioni e le lunghezze dell'attraversamento lo consentissero) e sia in sub alveo (al di sotto dell'alveo del corso d'acqua), con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.). Il secondo, utilizzando sempre con la stessa tecnologia T.O.C, con il cavidotto che attraversa i binari al di sotto del manto ferroviario. Tale tecnica permette di alloggiare il cavidotto nel sottosuolo, lasciando del tutto inalterate sia le sponde ed il fondo dell'alveo che la tratta ferroviaria. Infine, il terzo attraversamento verrà realizzato ponendo il cavidotto ad una distanza opportuna dalla tubazione del metanodotto, separati da una soletta in cemento armato elettrosaldato. Saranno in particolar modo seguite le indicazioni della Provincia di Viterbo per l'attraversamento in sub alveo dei corsi d'acqua demaniali, mentre per l'attraversamento del tratto ferroviario, quelle della società RFI. Gli attraversamenti saranno realizzati con direzione ortogonale all'asse (per le tre tipologie di interferenze elencate in precedenza), per limitarne la porzione interessata dai lavori di scavo e ripristino. Gli attraversamenti dei metanodotti, interrati ad una profondità di circa 2 m dal livello della superficie, avverranno come riportato nella figura 2, in accordo col gestore della rete del gas. In particolare, il cavidotto sarà protetto da due solette in c.a. con rete elettrosaldato, aventi una superficie di circa 2x3 mq e distanti almeno 0,5 m dalla tubazione del gas.

Le quote di interrimento del cavidotto saranno raccordate nei tratti in prossimità delle sponde, per garantire la giusta immersione del cavidotto al di sotto del fondo dell'alveo. La distanza tra la generatrice superiore del cavidotto e il fondo alveo sarà superiore a 2 m. Con tali soluzioni si evita qualsiasi tipo di interferenza dei cavidotti con la sezione di deflusso dei fossi, e in ogni caso sarà garantita la non interferenza con le condizioni di officiosità e funzionalità idraulica dei corsi d'acqua attraversati, e non sarà minimamente alterato né perturbato il regime idraulico. Analogamente, tale soluzione progettuale risulta pienamente compatibile con i vincoli paesaggistici, tra i quali anche quello della fascia di rispetto delle acque pubbliche e della tutela delle visuali dei percorsi panoramici, in quanto non comporta alcuna alterazione visibile dello stato dei luoghi. Con la stessa tecnica precedentemente descritta, verrà realizzato l'attraversamento di sedi stradali o autostradali intercettati dai percorsi dei cavidotti.

Nelle Figure 1, 2, 3 e 4 successive sono riportate rispettivamente le soluzioni da adottare per gli attraversamenti di fossi, metanodotti e tratti ferroviari. Ovviamente, la soluzione adottata andrà contestualizzata nei singoli casi, prevedendo variazioni dimensionali opportune che saranno valutate all'atto della realizzazione dell'attraversamento.

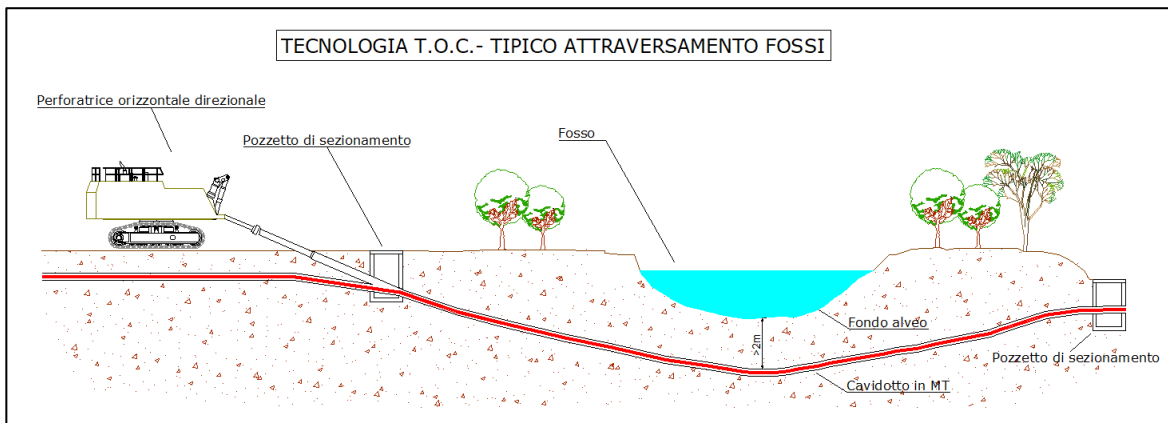


Figura 1 – Attraversamento mediante tecnica TOC dei fossi

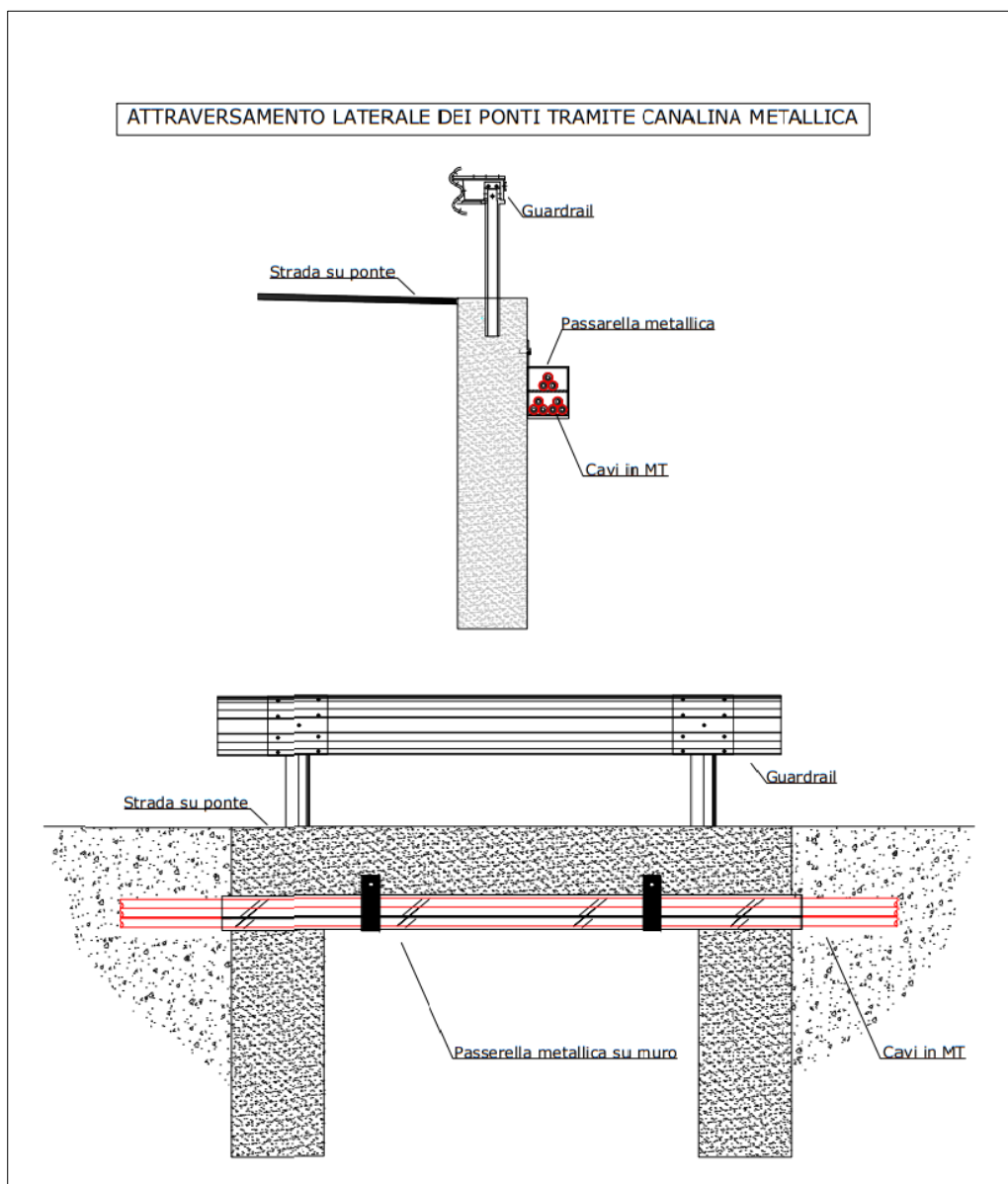


Figura 2 – Attraversamento dei fossi su lato ponte

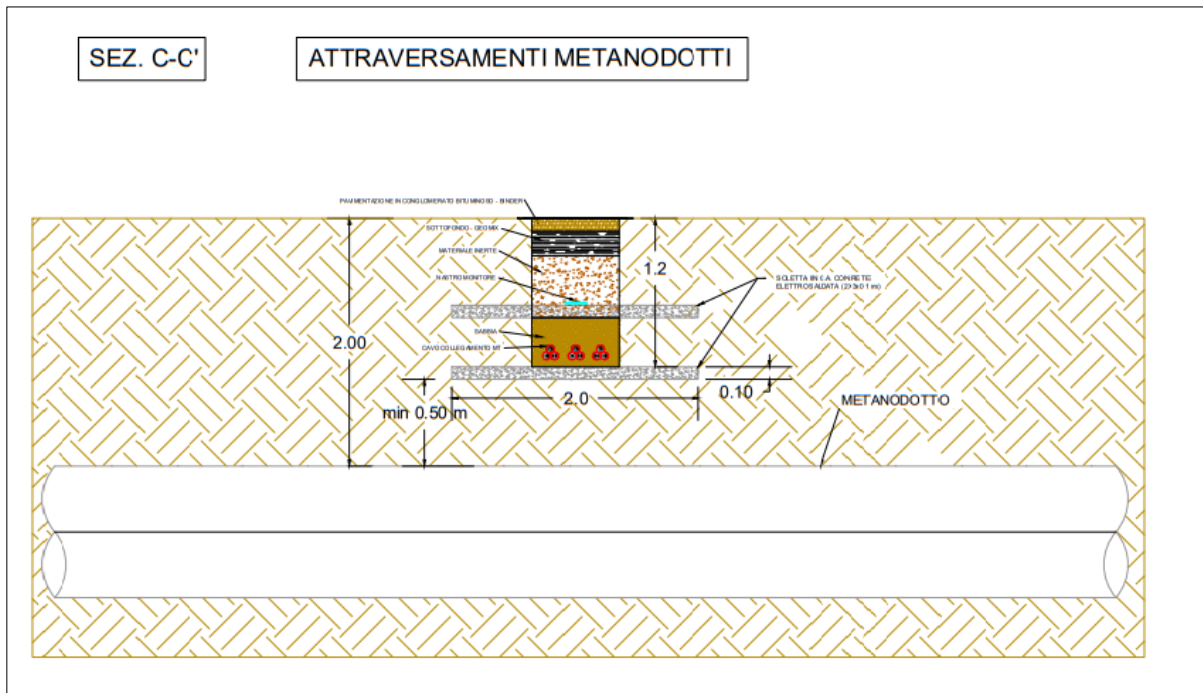


Figura 3 – Attraversamento dei metanodotti della Snam

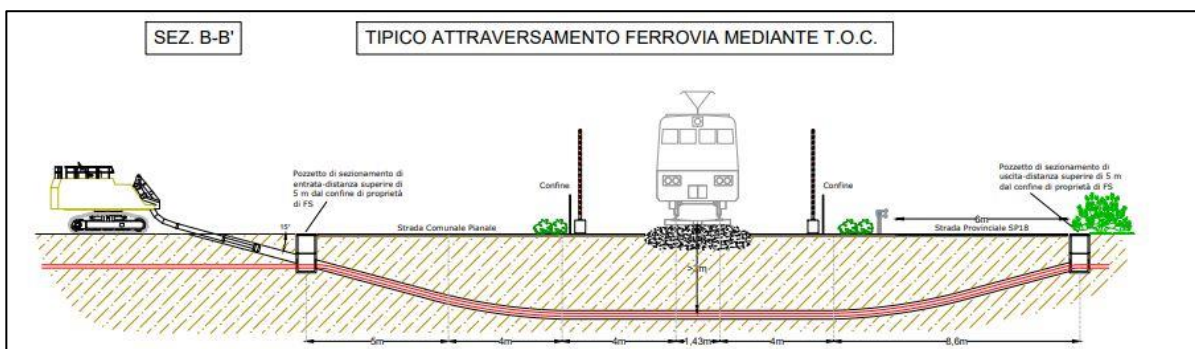


Figura 4 – Attraversamento mediante tecnica TOC della linea ferroviaria Viterbo-Attigliano

3. PROVINCE E COMUNI INTERESSATI

Il tracciato dell'elettrodotto in MT interessa i Comuni di Bagnoregio (VT), Viterbo (VT) e Celleno (VT), mentre il tratto di cavidotto in AT verrà realizzato nel suolo territorio comunale di Viterbo (VT).

4. VINCOLI

Per un'analisi dettagliata, si rimanda alle tavole vincolistiche ed alla relazione paesaggistica allegate. Possiamo affermare che 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. Entrambe i cavidotti in MT ed AT esterni all'area d'impianto, verranno interrati mediante realizzazione di scavi che rispettano le normative vigenti, cosicché non si andrà di fatto a modificare visivamente lo stato dei luoghi.

5. ATTRAVERSAMENTO DI FOSSI, CORSI D'ACQUA E METANODOTTI

Come detto precedentemente, dallo studio approfondito del territorio è emersa la presenza di alcuni fossi lungo il percorso del cavidotto. Per l'esattezza, il cavidotto intercetterà n.11 fossi per i quali è possibile prevederne l'attraversamento mediante la soluzione con tecnologia T.O.C. realizzata cioè per mezzo di trivellazione orizzontale controllata. Tale tecnica consente il transito del cavidotto garantendo le distanze minime tra intradosso del fondo del fosso e l'estradosso della tubazione di protezione del cavo MT. Inoltre, come visto in precedenza, attraverserà in n.2 punti, anche un metanodotto interrato della Snam. In accordo con l'ente proprietario del metanodotto, si prevede il passaggio del cavo protetto da solette in c.a. con rete elettrosaldata di ampiezza pari a circa 2 m, superiormente alla tubazione metallica ad una distanza verticale maggiore di 0,5 m dal metanodotto, come riportato in Figura 3.

Di seguito si riportano gli estremi di identificazione dei fossi intercettati, così come desumibili dalle cartografie catastali e dalle carte tecniche regionali:

INTERFERENZE - ATTRAVERSAMENTI ELETTRODOTTO MT		
N. Identificativo	Interferenza	Tipologia attraversamento
1	Fosso della Crocicchia o Casaccia	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
2	Fosso Vetriolo	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
3	Fosso Vetriolo	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
4	Fosso dell'Acqua Forte o del Fiorentino	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
5	Fosso della Cadutella	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
6	Fosso San Martino	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
7	Fosso Valle Monda o del Blocco	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
8	Fosso del Lamarelle	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
9	Fosso Guado Francesco	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
10	Fosso della Casetta	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
11	Fosso di Fralupo	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.) / affiancamento ponte su canalina metallica (sez A-A')
12	Metanodotti "GALLESE – AREZZO" - "GALLESE – CELLENO"	Attraversamento al di sopra dei metanodotti interponendo manufatto di protezione (sezione C-C')
13	Ferrovia Viterbo-Attigliano al km 18+420	Attraversamento mediante T.O.C. (sezione B-B')
14	Metanodotti "GALLESE – AREZZO" - "GALLESE – CELLENO"	Attraversamento al di sopra dei metanodotti interponendo manufatto di protezione (sezione C-C')

I fossi intercettati sono riportati in dettaglio nelle immagini ingrandite precedenti seguendo una numerazione progressiva a partire dal lato impianto fino alla stazione

utente MT/AT. Si rimanda alle tavole cartografiche per le rappresentazioni in dettaglio degli attraversamenti del cavidotto con i fossi, in particolare alla tavola ALT-VTB-IE.16.

5.1 ATTRAVERSAMENTO DELLA FERROVIA

Nel suo percorso il cavidotto MT di connessione alla RTN intercetta anche la linea ferroviaria, denominata "Viterbo-Attigliano", riportata sia in Figura 4 che nella Figura 16, come interferenza N°13 (in giallo), per la quale è possibile prevedere l'attraversamento mediante la soluzione con tecnologia T.O.C. Tale tecnica sarà eseguita in maniera tale da consentire l'attraversamento perpendicolarmente alla linea ferroviaria garantendo una profondità di posa calcolata dalla generatrice superiore del tubo di protezione e l'estradosso del piano del ferro mai inferiore a 3 m. Inoltre, tale profondità di interrimento si estenderà per una distanza pari a 4 m oltre la linea più esterna delle rotaie. Si rimanda alle tavole cartografiche per le rappresentazioni in dettaglio degli attraversamenti del cavidotto con la ferrovia, in particolare alla tavola ALT-VTB-IE.16.

6. PROGETTO DEL CAVIDOTTO IN MT INTERRATO DI EVACUAZIONE

6.1 PREMESSA

L'elettrodotta verrà direttamente interrato e sarà costituito da n.3 terne composte da tre cavi unipolari ciascuna, realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene e protezione meccanica tipo "air-bag" e disposti a trifoglio nello scavo (elica visibile). Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 630 mmq .

6.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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 CEI 11-17.

6.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT

Il cavo utilizzato in MT per la connessione tra:

- le cabine di trasformazione;
- le cabine di trasformazione con le cabine utente;
- le cabine utente tra di loro;
- la cabina utente CU3 con la Stazione di trasformazione utente MT/AT;

sarà del tipo ARE4H5(AR)E (o similari) unipolare, con conduttore in alluminio, del tipo "air-bag", conformi alla specifica TERNA DC4385 e disposto a trifoglio negli scavi.

Si riportano di seguito le caratteristiche del cavo in MT:

ARE4H5(AR)E AIR BAG™ COMPACT

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



Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Standard
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)

Protezione meccanica

Materiale Polimerico (Air Bag)

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

Marcatura

PRYSMIAN (***) ARE4H5(AR)E <tensione>
<sezione> <fase 1/2/3> <anno>

Cable design

Core

Compact stranded aluminium conductor

Inner semi-conducting layer

Extruded compound

Insulation

Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)

Outer semi-conducting layer

Extruded compound

Protective layer

Semiconductive watertight tape

Screen

Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)

Mechanical protection

Polymeric material (Air Bag)

Sheath

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

Marking

PRYSMIAN (***) ARE4H5(AR)E <rated voltage>
<cross-section> <phase 1/2/3> <year>

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5(AR)E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	34,5	810	460
70	9,7	20,8	35,5	890	480
95	11,4	22,1	37,0	1000	490
120	12,9	23,2	38,2	1100	510
150	14,0	24,3	39,5	1210	520
185	15,8	26,1	41,3	1370	530
240	18,2	28,5	44,0	1620	590
300	20,8	31,7	47,6	1900	630
400	23,8	34,9	51,3	2300	690
500	26,7	37,8	54,5	2710	730
630	30,5	42,4	59,5	3310	800

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	184	166	129
70	227	203	157
95	275	245	187
120	317	276	212
150	358	309	236
185	411	350	267
240	486	407	309
300	561	461	349
400	655	526	398
500	759	599	452
630	881	682	515

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	40,7	1110	550
70	9,7	25,6	40,8	1150	550
95	11,4	26,5	41,8	1240	560
120	12,9	27,4	42,9	1350	580
150	14,0	28,1	43,6	1440	580
185	15,8	29,5	45,1	1580	600
240	18,2	31,5	47,4	1810	630
300	20,8	34,7	50,9	2120	670
400	23,8	37,9	54,6	2520	730
500	26,7	41,0	58,1	2970	770
630	30,5	45,6	63,0	3590	840

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

50	187	167	131
70	231	204	159
95	279	244	189
120	321	277	214
150	361	310	238
185	415	351	269
240	489	408	311
300	563	459	350
400	657	526	399
500	761	600	453
630	883	682	515

Tabella 2 – Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT

Questo cavo possiede un sistema di protezione, situato al di sotto della guaina esterna, che garantisce una elevata protezione meccanica, assorbendo gli urti e riducendo il rischio di deformazioni o danneggiamenti degli strati sensibili sottostanti, come l'isolante o lo schermo metallico. Questo sistema fa sì che il cavo possa essere posato direttamente nel terreno senza l'utilizzo di una protezione meccanica esterna.

6.4 DIMENSIONAMENTO DEL CAVO

L'energia prodotta da ciascun sottocampo, dopo essere stata convertita in alternata nei convertitori statici di potenza andrà ad alimentare il proprio trasformatore trifase posizionato all'interno della cabina di trasformazione. Quest'ultimo eleverà la tensione fino a 30 [kV] in alternata e permetterà il collegamento ai quadri MT della corrispondente cabina utente. Tutti i collegamenti elettrici in MT avverranno in cavidotti interrati e per il dimensionamento dei cavi è previsto il posizionamento nello scavo ad una profondità minima di 1 m dal livello di superficie.

Anche in questo caso, il criterio utilizzato per determinare la sezione dei conduttori in MT è della massima caduta di tensione ammissibile. Dopo aver effettuato la scelta della sezione commerciale del cavo, è stata eseguita la verifica con il criterio termico, con la condizione cioè che la massima densità di corrente non superi determinati valori di sicurezza. In base ai valori limite delle portate di corrente stabiliti dai costruttori dei cavi, nelle varie condizioni di posa, esse devono essere superiori alle correnti di impiego calcolate in ogni tratto che compone il circuito elettrico.

Il valore della generica corrente d'impiego dell'impianto FV (I_{IMP}) è stata calcolata mediante la seguente formula:

$$I_{IMP}(A) = \frac{P_N(MW)}{\sqrt{3} \times V_N(kV) \times \cos(\varphi)}$$

dove:

- P_N è la potenza nominale del sottocampo
- V_N è la corrispondente tensione nominale di 30 [kV]
- $\cos(\varphi)$ che corrisponde al fattore di carico, pari a 0,9.

Il valore di corrente determinato dalla formula verrà utilizzato nei calcoli successivi per determinare le sezioni commerciali dei cavi, le cadute di tensione e potenza dei vari tratti di collegamento.

Le cabine utente CU1, CU2 e CU3 rispettivamente ubicate nelle Aree 1, 2 e 3 saranno collegate in antenna tra di loro mediante cavidotti direttamente interrati in MT a 30 kV. La connessione tra la CU1 e a CU2 avverrà mediante n.1 terna di cavi trifase aventi sezione nominale di 630 mmq; per il collegamento tra la CU2 con la CU3 invece, si utilizzeranno n.2 terne di cavi trifase da 630 mmq. I risultati del dimensionamento sono riportati di seguito nella tabella seguente:

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEL CAVO MT - TRA CABINE UTENTI		
Collegamento	Tra la cabina CU1 e la cabina CU2	Tra la cabina CU2 e la cabina CU3
Lunghezza cavo (m)	6300	9450
Intensità di corrente (A)	411,4	529,6
Conduttori per fase	1	2
Corrente per fase (A)	411,4	265
Temp. Terreno (°C)	25	25
Coefficiente di correz.	0,96	0,96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	6
Profondità di posa (m)	1,2	1,2
Coefficiente di correz.	0,98	0,98
N. cavi per scavo	1	5
Coeffic. per n° di strati	1	0,64
Coefficiente totale	0,94	0,60
Sezione (mm ²)	630	630
Portata ammissibile (A)	642	411
$\Delta V\%$ per ogni tratto	1,6	1,2
ΔP per ogni tratto (kW)	233,5	238,5

Tabella 3 - Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine utente

Dal quadro in MT in uscita dalla cabina utente CU3, un cavidotto interrato in MT a 30 kV, costituito da n.3 terne di cavi unipolari trifase della sezione di 630 mmq ciascuno, trasporterà l'energia complessiva prodotta dall'impianto fotovoltaico, pari a circa 40,93 MWp, fino ai quadri in ingresso in MT della Stazione Utente di trasformazione 30/150 kV, distante circa 8.700 m su percorso stradale dalla cabina CU3. Il percorso del cavidotto avverrà sia su strade sterrate che su strade asfaltate e verrà rappresentato in dettaglio nella tavola allegata ALT-VTB-IE.16.

Di seguito in tabella, si riportano i risultati del dimensionamento della linea in MT che collega la cabina elettrica alla Stazione Utente:

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEL CAVO MT	
Collegamento	Tra la cabina CU3 e la SU
Lunghezza cavo (m)	8750
Intensità di corrente (A)	875,2
Conduttori per fase	3
Corrente per fase (A)	292
Temp. Terreno (°C)	25
Coefficiente di correz.	0,96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	9
Profondità di posa (m)	1,2
Coefficiente di correz.	0,98
N. cavi per scavo	5
Coeffic. per n° di strati	0,64
Coefficiente totale	0,60
Sezione (mm ²)	630
Portata ammissibile (A)	411
$\Delta V\%$ accumulata	1,3
ΔP per ogni tratto (kW)	402,2

Tabella 4 - Dimensionamento cavo MT di connessione tra la cabina utente CU3 e la Stazione utente SU

Per le giunzioni elettriche in MT (ogni 200 m circa) saranno utilizzati connettori di tipo a compressione dritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti dritti adatti al tipo di cavo in materiale ritraibile. Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si dovranno applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale ritraibile e capicorda di sezione idonea. In casi particolari e secondo le varie necessità, potrà essere adottata una protezione meccanica aggiuntiva, realizzata mediante l'uso di tubazioni in materiale plastico (PVC), rigide o flessibili, di diametro nominale 160 mm o 200 mm, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza al furto. I montaggi delle opere elettromeccaniche dovranno essere eseguiti a "perfetta regola d'arte". Prima della messa in servizio dovranno essere eseguite le prove di isolamento prescritte dalla Norma CEI 11-7.

6.5 MODALITA' DI POSA E ATTRAVERSAMENTI

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,2 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai

cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'. Saranno segnalati superiormente da un nastro segnaletico e potranno essere protetti anche da una rete in PVC. 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 o in tubazioni di PVC, potranno essere adottate per attraversamenti specifici. 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.

Ricordiamo che, lungo il percorso il cavidotto incontra n.11 fossi, n.2 metanodotti e n.1 tratto ferroviario, che dovrà attraversare per poter raggiungere la stazione utente. In questo caso potrà essere utilizzato il sistema della trivellazione orizzontale controllata (TOC), che non comporta 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. Quest'argomento verrà trattato specificatamente in un capitolo successivo dedicato.

Sono state previste n.3 tipologie di sezioni di scavo per il cavidotto lungo tutto il percorso:

- scavo su terreno agricolo;
- scavo su strade non asfaltate;
- scavo su strade asfaltate.

Nella figura successiva sono riportate le sezioni degli scavi progettati per il cavidotto in MT, riportati in maggior dettaglio nella tavola allegata ALT-VTB-IE.16-Tracciato linea MT esterna, scavi e interferenze:

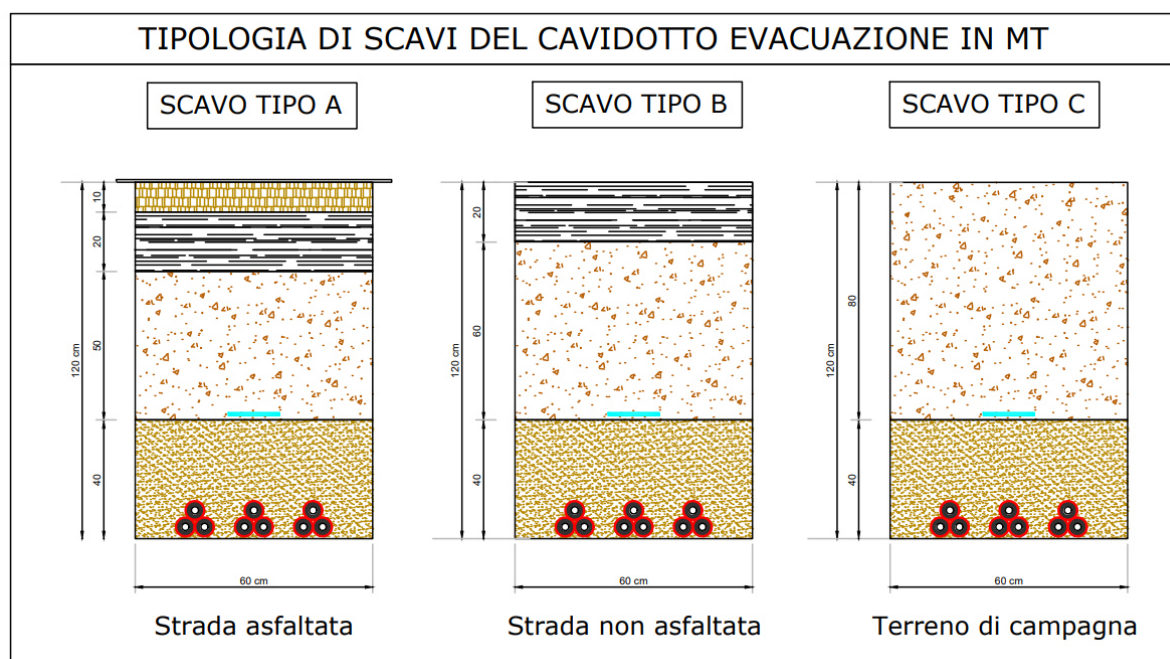







Figura 5 – Sezioni dello scavi in MT esterno

Di seguito si riportano i materiali di riempimento per le tre tipologie di scavi:

Legenda	
	Sottofondo - Geomix
	Materiale inerte
	Sabbia o inerte prescritto
	Tappetino d'usura
	Pavimentazione in conglomerato bituminoso - Binder

Sui fondi di terreno privati interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una fascia di 2 m a destra e a sinistra dell'asse del cavidotto, come previsto dalla tabella "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione", di seguito riportata, con indicazione delle fasce di asservimento per tipologia di cavidotto:

Tipo di linea	Natura conduttore	Sezione o diametro	Palificazione	Armamento	Lunghezza campata ricorrente (1)	Larghezza fascia (2)
BT	Cavo interrato	qualsiasi				3 m
MT	cavo aereo	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	4 m
	Cavo interrato	qualsiasi				4 m
	rame nudo	25/35 mm ²	qualsiasi	qualsiasi	160 m	11 m
	rame nudo	70 mm ²	qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Al- Acc. Lega di Al	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Qualsiasi	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	250 m	19 m
AT fino a 150 kV	All-Acc	$\Phi = 22,8$ mm	tralicci semplice terna	sospeso	400 m	27 m
			tralicci doppia terna	sospeso	400 m	28 m
	All-Acc	$\Phi = 31,5$ mm	tralicci semplice terna	sospeso	350 m	29 m
			tralicci doppia terna	sospeso	350 m	30 m
	Cavo interrato	qualsiasi				5 m

7. PERCORSO DEL CAVIDOTTO DI EVACUAZIONE

Come riportato in precedenza al paragrafo 2, dalla cabina utente CU1 ubicata vicino al cancello d'ingresso dell'Area 1, avrà origine il cavidotto di collegamento con la CU2 nell'Area 2, e dalla cabina CU2 alla cabina CU3 nell'Area 3, e dalla cabina utente CU3 il cavidotto di collegamento tra l'impianto FV e la Stazione Utente di trasformazione MT/AT (SU).

Tali cavidotti verranno realizzati tramite rispettivamente n.1, n.2 e n.3 terne di cavi in Alluminio del tipo ARE4H5(ER)E - "Air-bag" di sezione pari a 630 mmq ciascuno. Il tracciato del cavidotto, di lunghezza complessiva rispettivamente pari a circa 6.250 m, 6.090 e 8.700 m, si svilupperà su un primo tratto internamente all'area d'impianto su terreno agricolo, ed un secondo tracciato esterno all'impianto sia su terreni agricoli che su strade, fino alla SU.

Oggetto del presente studio riguarda il tratto di cavidotto MT esterno all'impianto fotovoltaico che, dall'area d'impianto percorrerà sia dei tratti stradali che su terreni agricoli, fino ad arrivare alla stazione utente di trasformazione MT/AT. Nella tabella

seguinte sono riportati i nomi dei percorsi stradali, partendo dalla cabina CU1, fino alla Stazione utente ed i relativi metri percorsi dal cavidotto:

- Strada vicinale Poggio Poiano;
- Via Montefiascone (attraversamento);
- Via Monte delle Zitelle;
- SP129;
- Strada vicinale Pozzo del Lupo;
- Strada vicinale di Monte Ortone;
- Strada comunale Coste Lombarde;
- Strada vicinale Fastello;
- Strada San Martino;
- SP127;
- SP5;
- SP18;
- Strada del Pianale;
- Strada Ferento;
- Strada del Cavato/ Piscinale.

Nel seguito si riporta un inquadramento utile ad una visione complessiva del percorso del cavidotto MT (in blu nella Figura 6) in cui sono visibili anche i comuni di Montefiascone e Celleno, rimandando agli elaborati di progetto per le rappresentazioni cartografiche e catastali di dettaglio.

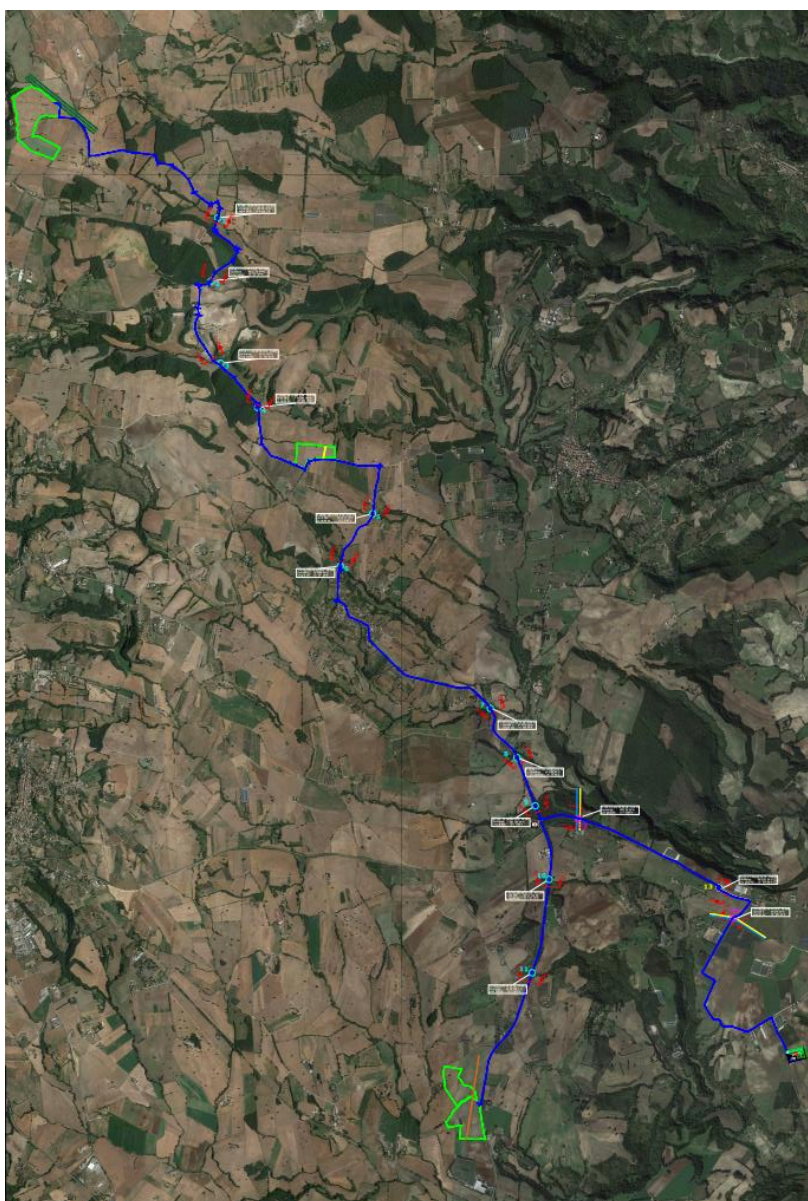


Figura 6 – Inquadramento su ortofoto: aree d’impianto (in verde) e percorso del cavidotto in MT (in blu) fino alla Sottostazione di Grotte

Nelle figure successive vengono riportati gli attraversamenti dei fossi e delle altre interferenze riscontrate lungo il percorso dei cavidotti in MT. Per i dettagli consultare la tavola ALT-VTB-IE.16.

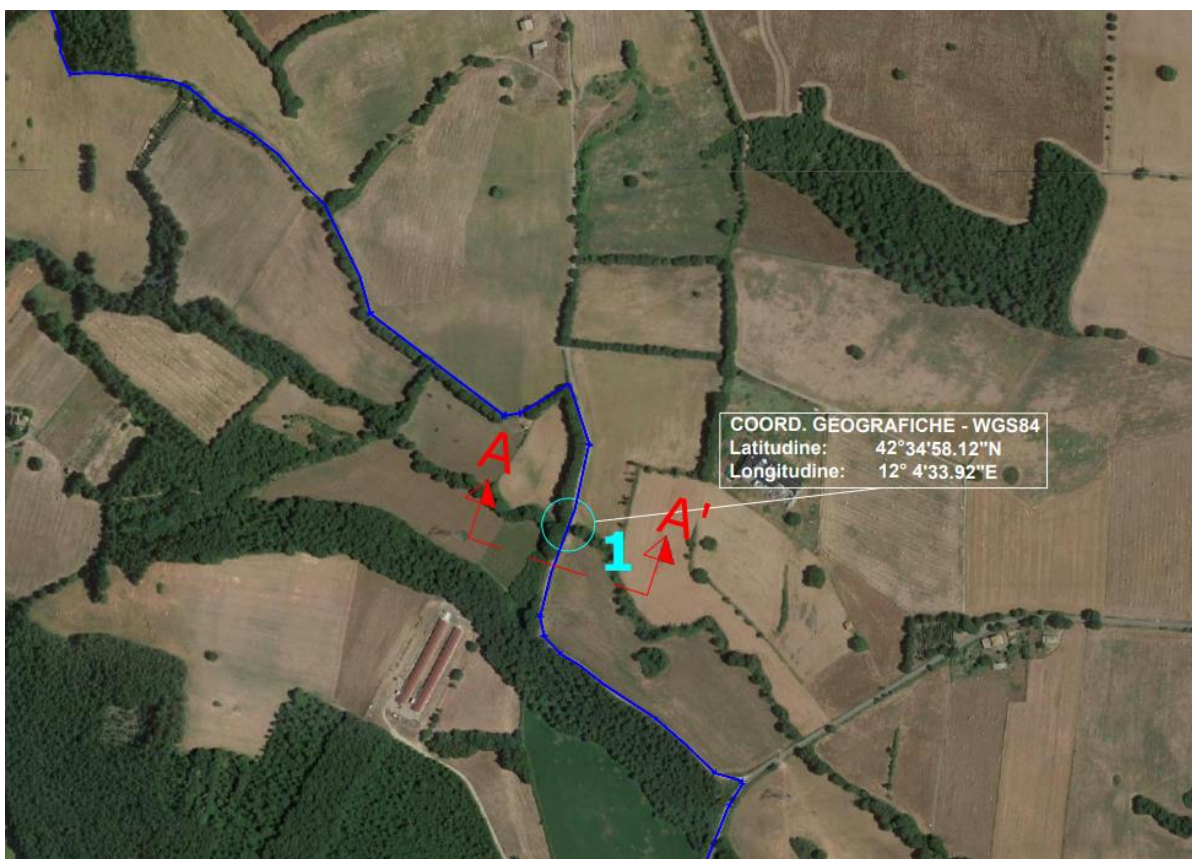


Figura 7 – Attraversamento del fosso N°1-"Della Crocicchia"

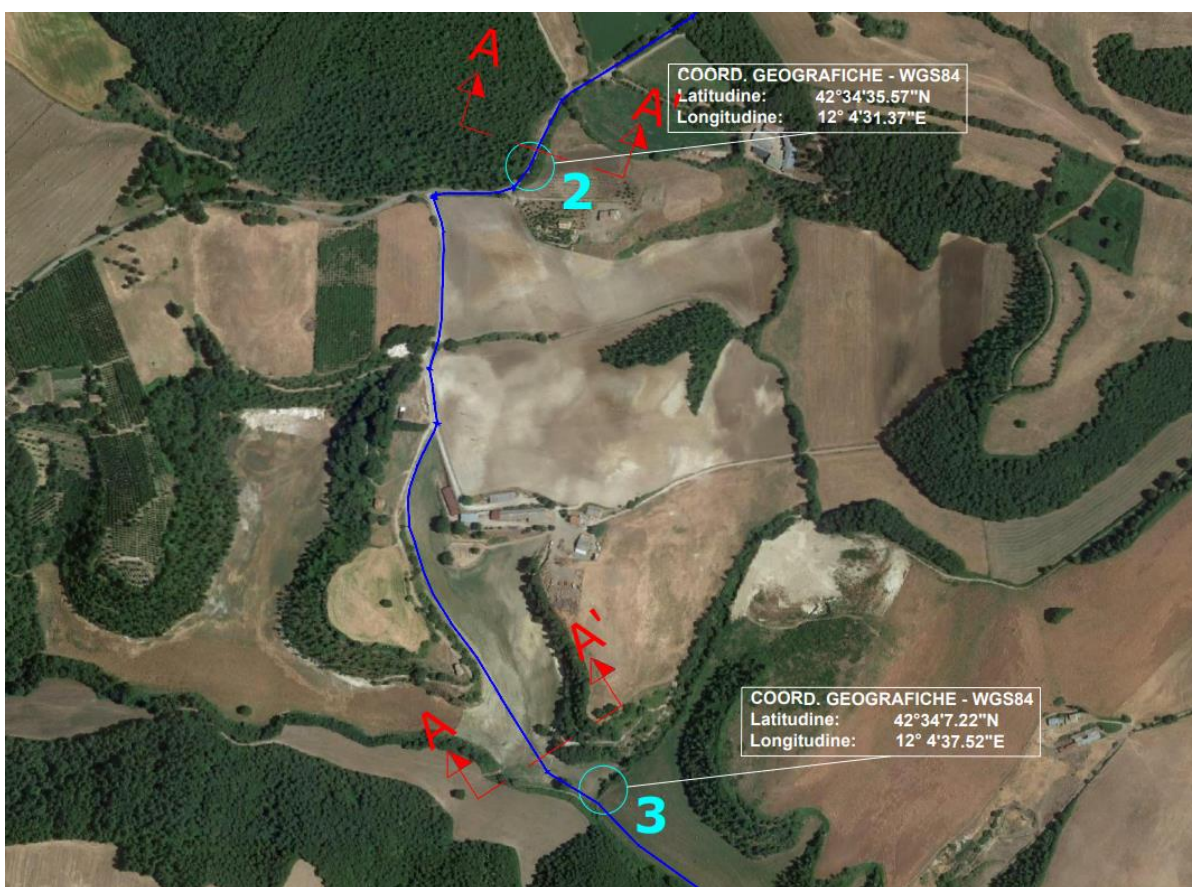


Figura 8 – Attraversamento dei fossi: N°2 e N°3- denominati "Vetriolo"



Figura 9 – Attraversamento del fosso N°4-"Fiorentino"

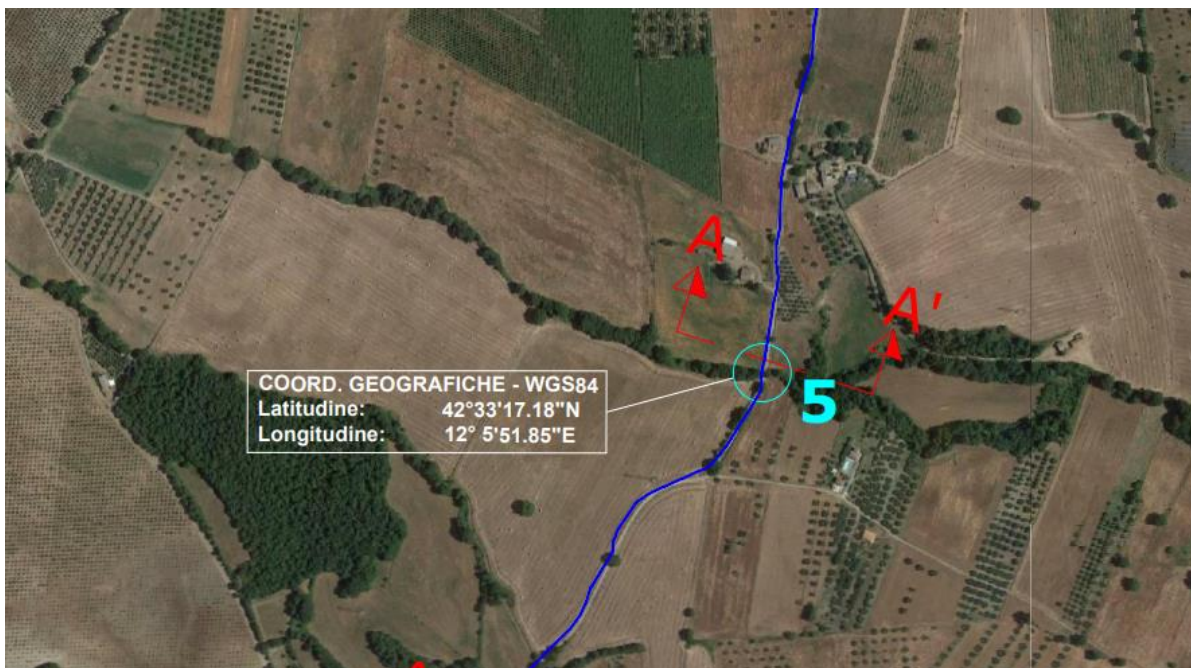


Figura 10 – Attraversamento del fosso N°5-"della Cadutella"

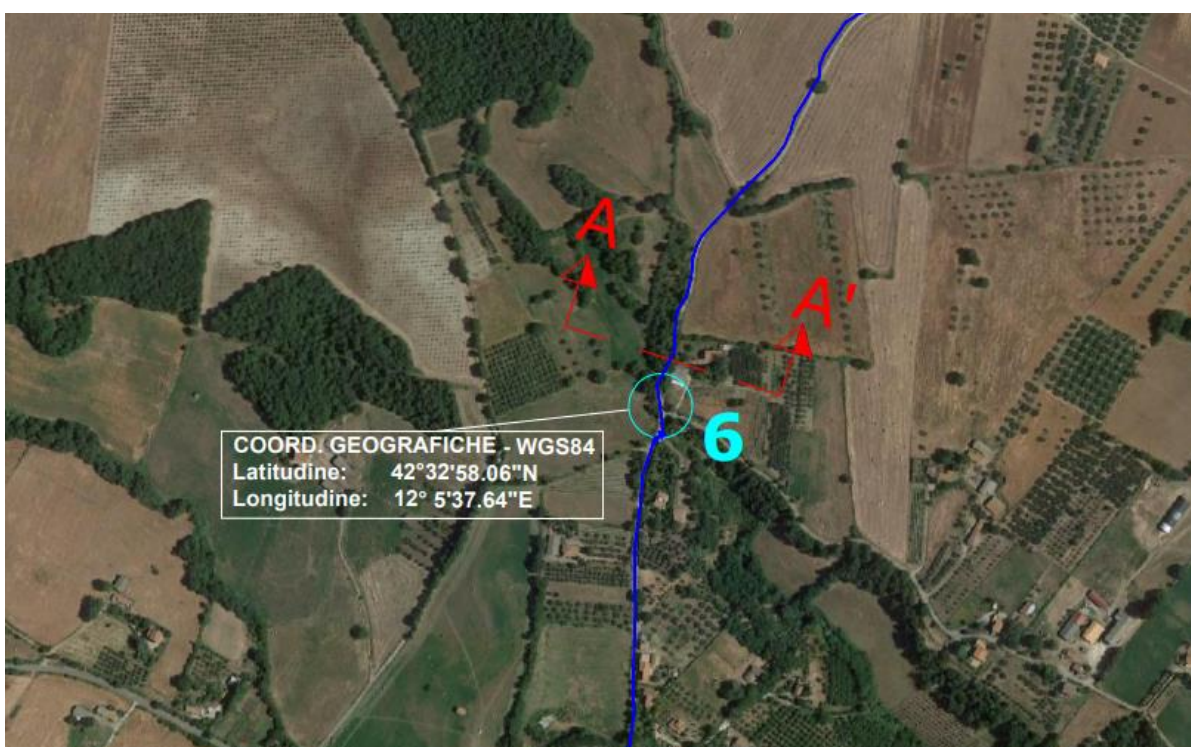


Figura 11 – Attraversamento del fosso N°6-"San Martino"



Figura 12 Attraversamenti dei fossi N°7-"Valle Monda" e N°8-"del Lamarelle"

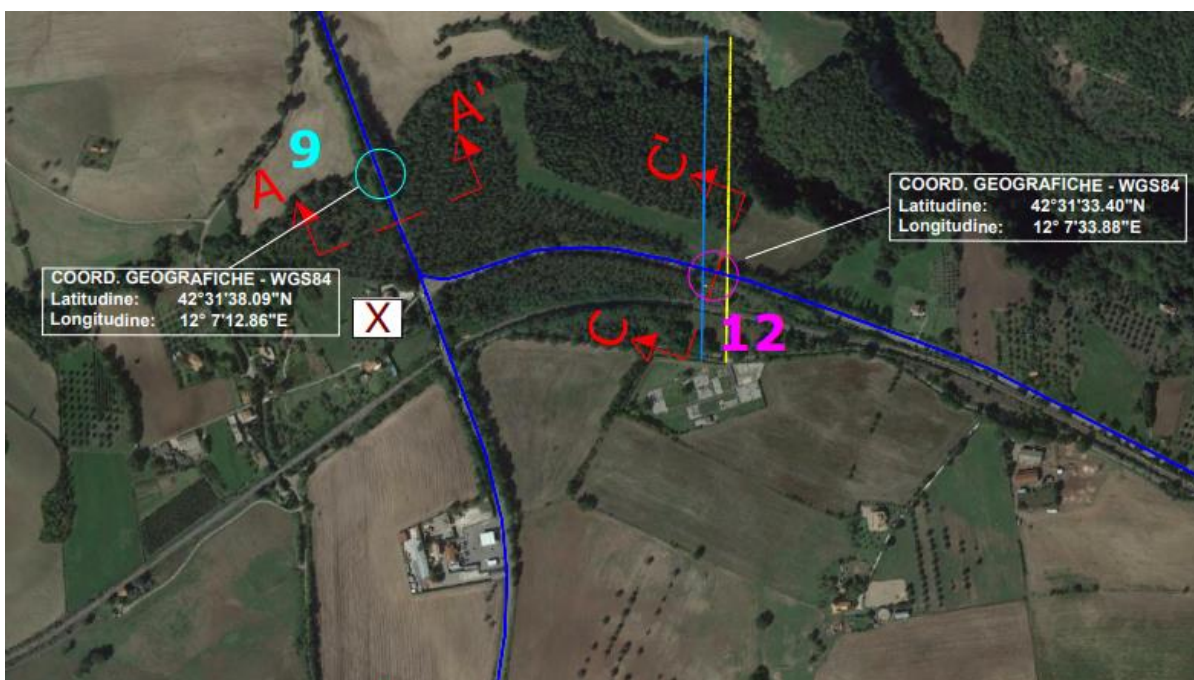


Figura 13 - Attraversamento del fosso N°9 "Guado Francesco" e del metanodotto Snam N°12

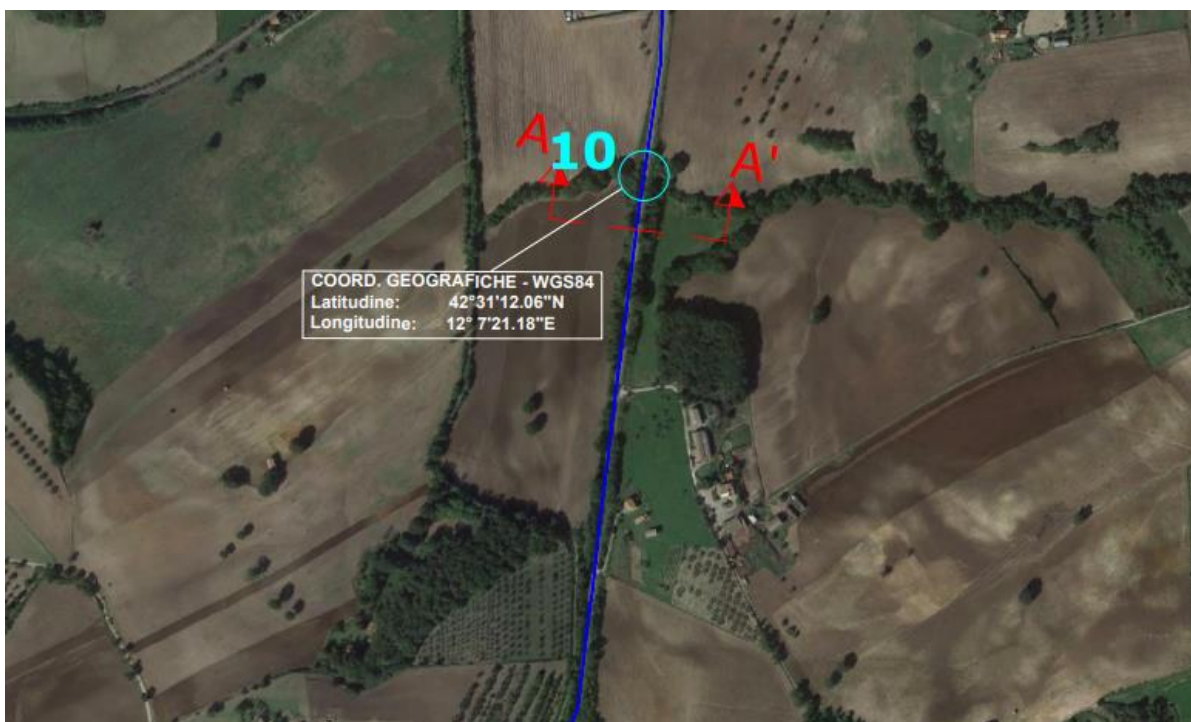


Figura 14 – Attraversamento del fosso N°10 "della Casetta"



Figura 15 – Attraversamento del fosso N°11 "di Fralupo"

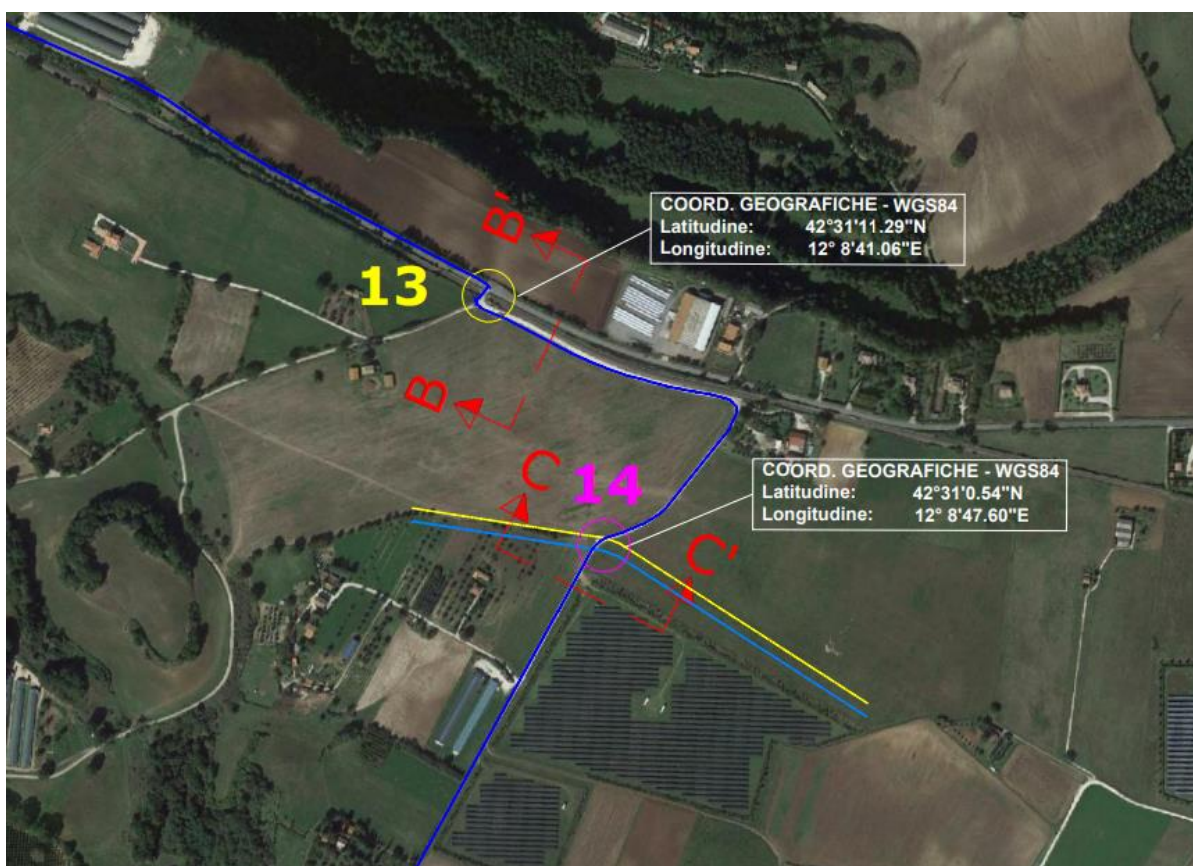


Figura 16 – Attraversamento ferroviario N°13 della ferrovia "Viterbo-Attigliano" e del metanodotto Snam N°14

7. PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE

Il rispetto delle prescrizioni sulle distanze, di cui ai precedenti paragrafi, sarà accertato con rilievi diretti eseguiti sul campo e saranno 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.

8. TRACCIATO DEL CAVIDOTTO IN AT A 150 KV

Dalla stazione di trasformazione utente MT/AT (SU), ubicata su un terreno a Sud della Sottostazione RTN , avrà origine il cavidotto di collegamento in AT a 150 kV che collegherà elettricamente le due stazioni. Il tracciato del suddetto cavidotto, di lunghezza complessiva pari a circa 160 m, si svilupperà nel Comune di Viterbo (VT) come riportato nella figura successiva, attraversando le aree delle due stazioni elettriche.



Figura 17 – Cavidotto in AT (in rosso) di collegamento tra la SEU e la SSE RTN

8.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN AT E DIMENSIONAMENTO

Il cavo che si prevede di utilizzare per la connessione della stazione utente di trasformazione allo stallo nella SSE è del tipo ARE4H1H5E (o similari) unipolare, con conduttore in alluminio, triplo sistema di isolamento in XLPE, schermo metallico in rame e guaina di piombo impermeabile, conforme alle specifiche IEC e CENELEC, i cui cavi unipolari verranno posati in orizzontale nello scavo, opportunamente distanziati tra di loro. Nella tabella successiva sono riportate le caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in AT utilizzato in questa fase progettuale, che sarà condiviso con altri produttori, e che possiamo però considerare in relazione ad un valore massimo di potenza immessa nello stallo, pari di norma a 200 MW, calcolando così il valore della sezione del cavo in AT che potrebbe essere utilizzato per la connessione elettrica tra le due stazioni.

Ciascun cavo d'energia sarà formato da:

- un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa calcolata pari a 1600 mmq;
- schermo semiconduttivo sul conduttore;
- isolamento in polietilene reticolato (XLPE);
- schermo semiconduttivo sull'isolamento;
- nastri in materiale igroespandente; - schermo metallico in rame;
- foglio metallico in alluminio o rame;
- rivestimento in polietilene con grafittatura esterna (PE).

Sapendo che a tale potenza corrisponde un valore di corrente di circa 855,4 A ($\cos\phi=0,9$; $V=150\text{kV}$) e considerando:

- i cavi interrati ad una profondità minima di 1,7 m dalla superficie del terreno;

- un valore di resistenza termica del terreno pari ad 1 km/W;
- la temperatura di 20 °C;
- posa orizzontale della terna di cavi, protetti o meno con tubo e distanziati di 2 volte il diametro nominale del cavo;

si può scegliere un cavo avente una sezione calcolata pari a 1600 mmq, la cui portata è pari a 1225 A. Si riportano di seguito le specifiche elettriche e tecniche del cavo scelto in AT:

Constructional data (nominal)

Nominal section area mm ²	Conductor diameter mm	Thickness of insulation mm	DC conductor resistance at 20°C Ω/km	Electrostatic capacitance μF/km	Aluminium screen			Copper wire/lead sheath			Copper wire/alu sheath			Corrugated Alu sheath			Lead sheath		
					Sectional area* mm ²	Outside diameter of cable* mm	Weight of cable* kg/m	Sectional area* mm ²	Outside diameter of cable* mm	Weight of cable* kg/m	Sectional area* mm ²	Outside diameter of cable* mm	Weight of cable* kg/m	Sectional area* mm ²	Outside diameter of cable* mm	Weight of cable* kg/m	Sectional area* mm ²	Outside diameter of cable* mm	Weight of cable* kg/m
400 R	23.3	20.7	0.0778	0.15	180	82	6	65	88	13	85	85	6	470	95	7	810	87	15
500 R	26.4	19.6	0.0605	0.16	190	83	6	65	89	13	85	85	7	480	96	7	790	88	15
630 R	30.3	18.5	0.0469	0.19	190	85	7	65	91	13	85	87	7	490	98	8	810	90	16
800 R	34.7	17.6	0.0367	0.21	200	88	7	60	94	15	85	90	8	500	101	8	810	92	16
1000 R	38.2	17.0	0.0291	0.23	200	90	8	60	96	15	85	92	9	520	103	9	810	94	17
1200 R	41.4	16.6	0.0247	0.25	160	92	9	55	99	17	80	95	9	560	107	10	800	97	18
1600 S	48.9	15.8	0.0186	0.30	180	100	10	45	107	19	80	103	11	670	115	12	780	104	19
2000 S	54.0	15.5	0.0149	0.32	190	105	12	35	112	22	75	108	12	760	120	14	790	109	21

*Indicative value

R : round stranded
S : segmental stranded

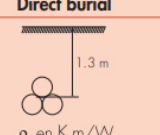
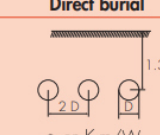
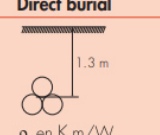
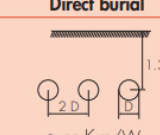
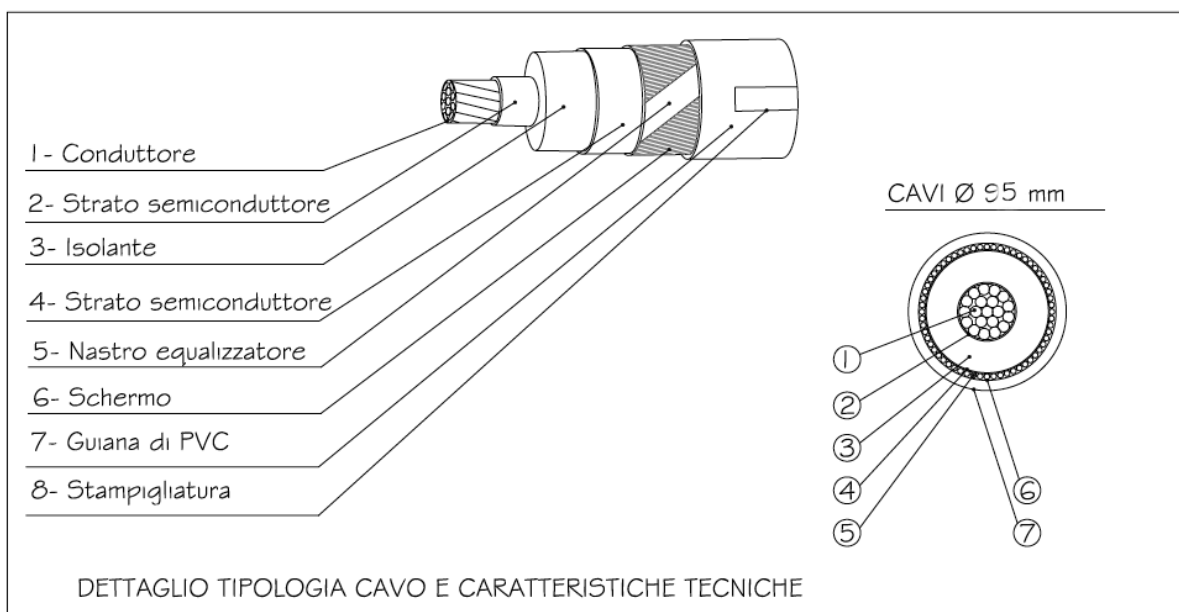
Nominal section area mm ²	Laying conditions : Trefoil formation					Laying conditions : Flat formation					Nominal section area mm ²	
	Earthing conditions	Direct burial		In air, in gallery		Earthing conditions	Direct burial		In air, in gallery			
		induced current in the metallic screen	$\rho_T = 1,0$ T = 20°C	$\rho_T = 1,2$ T = 30°C	T = 30°C		T = 50°C	induced current in the metallic screen	$\rho_T = 1,0$ T = 20°C	$\rho_T = 1,2$ T = 30°C		T = 30°C
400 R	With circulating currents		515	445	665	530		555	480	755	605	400 R
500 R			580	500	765	610		635	550	880	705	500 R
630 R			690	595	920	730		730	630	1 035	830	630 R
800 R			780	670	1065	845		835	715	1225	980	800 R
1000 R	Without circulating current		865	745	1 195	950		930	800	1 375	1 100	1000 R
1200 R			935	800	1 300	1 035		1 010	865	1 515	1 210	1200 S
1600 S			1 130	970	1 630	1 295		1 225	1 050	1 895	1 515	1600 S
2000 S			1 255	1 075	1 845	1 460		1 375	1 175	2 170	1 735	2000 S

Tabella 5 – Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in AT

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:



Il conduttore è generalmente tamponato per evitare la accidentale propagazione longitudinale dell'acqua. Sopra il conduttore viene applicato prima uno strato semiconduttivo estruso, poi l'isolamento XLPE e successivamente un nuovo semiconduttivo estruso; su quest'ultimo viene avvolto un nastro semiconduttivo igroespandente, anche in questo caso per evitare la propagazione longitudinale dell'acqua. Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento di isolamento. Pertanto essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare. Sopra lo schermo di alluminio viene applicata la guaina aderente di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva ed infine la protezione esterna meccanica. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

8.2 MODALITÀ DI POSA DEL CAVO IN AT

Il cavo sarà interrato ed installato normalmente in una trincea della profondità minima di 1,7 m, con disposizione delle fasi in orizzontale sullo stesso piano e distanziate tra di loro di due diametri di lunghezza. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'. I cavi saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra 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.

Nella fase di posa dei cavi, per limitare al massimo i disagi al traffico veicolare locale, la terna di cavi sarà posata in fasi successive in modo da poter destinare al transito, in linea generale, almeno una metà della carreggiata. 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. Qualora ci siano degli attraversamenti delle opere interferenti, saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17. Tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici sarà utilizzata la cosiddetta modalità del cross bonding, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa. In tale configurazione gli schermi vengono messi francamente a terra, ed in corto circuito tra loro all'estremità di partenza della prima tratta ed all'estremità di arrivo della terza, mentre tra due tratte adiacenti gli schermi sono isolati da terra e uniti fra loro con collegamento incrociato.

Di seguito sono riportati: un tipico collegamento degli schermi metallici del cavo e la sezione di scavo con la posa del cavo trifase per differenti tipologie di percorso:

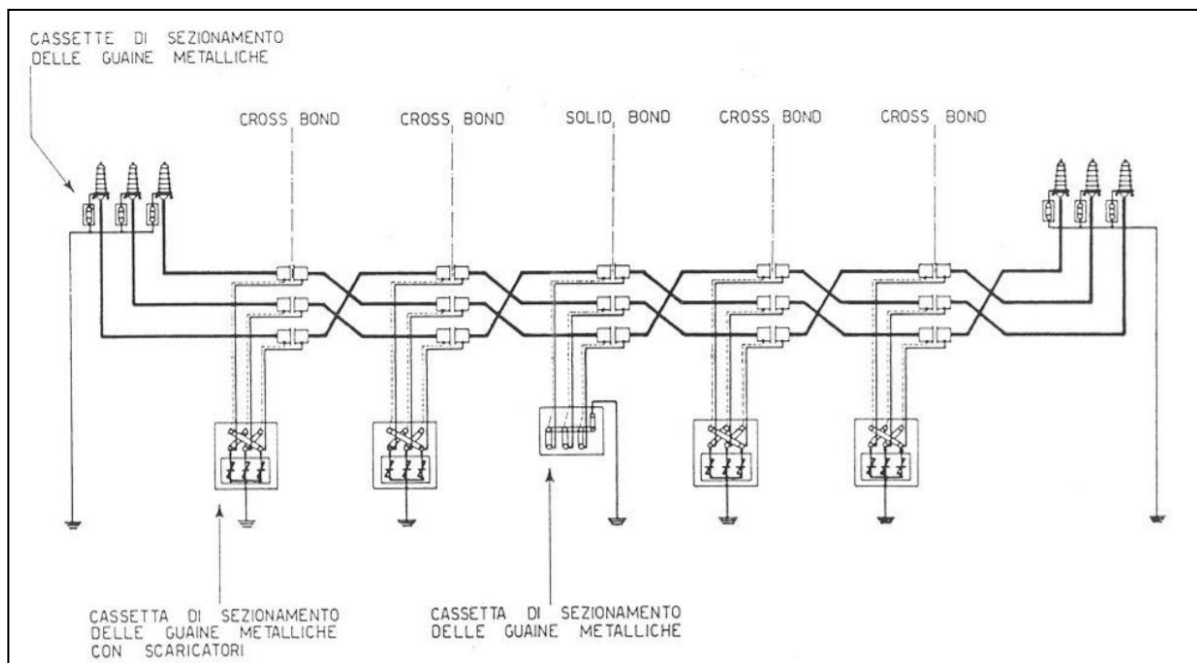


Figura 18 – Tipico di collegamento "cross bonding" per un cavo in AT

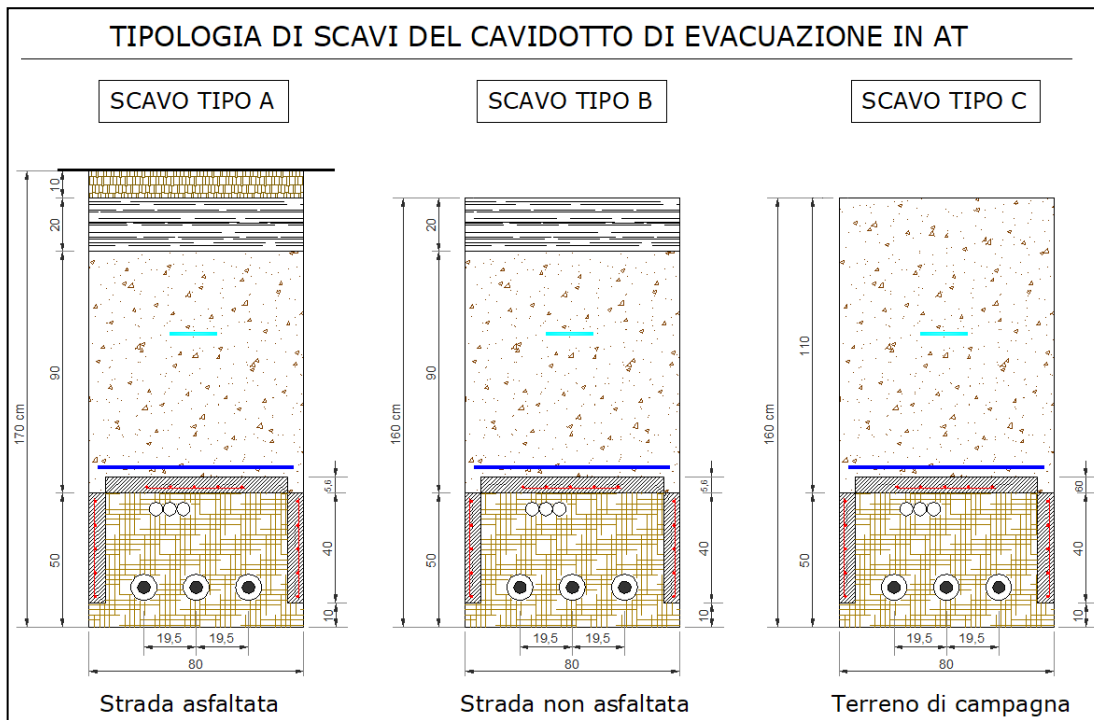


Figura 19 – Sezioni tipiche di scavo e di posa per il cavo in AT a 150 kV

Il cavo interrato in AT sarà posato su letto di sabbia secondo le Norme CEI 11-17.

Come riportato nella figura precedente, sono state previste tre tipologie di sezioni di scavo per il collegamento della stazione utente MT/AT alla SST Terna RTN:

- terna di cavi su strade asfaltate;
- terna di cavi su strade non asfaltate;
- terna di cavi su terreno agricolo.

La protezione meccanica, per posa su strade urbane, extraurbane, in terreno agricolo ed in roccia, può essere realizzata mediante l'impiego di una o più protezioni combinate tra di loro:

- lastra di protezione in cemento armato, delle dimensioni, caratteristiche e realizzate come prescritto alla scheda tecnica TERNA UX LK20;
- canale in cemento armato, delle dimensioni, caratteristiche e realizzato come prescritto alla scheda tecnica TERNA UX LK40;
- lamiera in PVC (o in ferro striata tipo leggera zincata a caldo), dello spessore di 4+2 mm da applicare in sostituzione della rete arancione, da installare immediatamente sopra la lastra in cemento armato.

Sui fondi di terreno privati (ivi comprese le strade vicinali), interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una fascia di 2,5 m a destra e sinistra dell'asse del cavidotto, come previsto dalla tabella con indicazione delle fasce di asservimento per tipologia di cavidotto - "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" di seguito riportata, per tutta la lunghezza del cavidotto che è di circa 230 m.

Tipo di linea	Natura conduttore	Sezione o diametro	Palificazione	Armamento	Lunghezza campata ricorrente (1)	Larghezza fascia (2)
BT	Cavo interrato	qualsiasi				3 m
MT	cavo aereo	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	4 m
	Cavo interrato	qualsiasi				4 m
	rame nudo	25/35 mm ²	qualsiasi	qualsiasi	160 m	11 m
	rame nudo	70 mm ²	qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Al- Acc. Lega di Al	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Qualsiasi	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	250 m	19 m
AT fino a 150 kV	All-Acc	$\Phi = 22,8$ mm	tralicci semplice terna	sospeso	400 m	27 m
			tralicci doppia terna	sospeso	400 m	28 m
	All-Acc	$\Phi = 31,5$ mm	tralicci semplice terna	sospeso	350 m	29 m
			tralicci doppia terna	sospeso	350 m	30 m
	Cavo interrato	qualsiasi				5 m

Nella tabella sottostante sono riportate le profondità di posa minime prescritte su strade urbane, extraurbane, in terreno agricolo ed in roccia in funzione del livello di tensione e della disposizione impiantistica. La profondità di posa "d" tra la superficie del suolo e la generatrice inferiore dei cavi non deve essere inferiore alle profondità riportate in tabella:

Profondità di posa dei cavi "d" (m)						
Tipologia di posa	Tensione massima					
	170 kV		245 kV		420 kV	
	in piano	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	a trifoglio
Posa in terreno agricolo	Non prevista	1,60	1,50	1,60	1,50	Non prevista
Posa su strade urbane ed extraurbane	Non prevista	1,50	1,40	1,50	1,40	Non prevista
Posa in roccia	Non prevista	1,30	1,30	1,30	1,30	Non prevista

- A1 – Posa in terreno agricolo – cavo 150 kV in piano:

viene realizzata con scavo della profondità di 160cm e larghezza 70cm, con letto di posa in cemento magro a resistività termica controllata, scheda tecnica TERNA UX LK50, dello spessore di 10cm. Posato il cavo vengono posate le lastre di protezione in cemento armato, scheda tecnica UX LK20/3 sui 2 lati ed UX LK20/1 superiormente, previo riempimento per 40cm di cemento magro a resistività controllata. Come ulteriore elemento di segnalazione va applicata, immediatamente sopra la lastra di protezione, la rete in PVC arancione del tipo delimitazione cantieri che può essere sostituita da lastre di ferro striato 4+2mm. Nella fase di riempimento con materiale inerte o altro materiale idoneo bisogna posare a circa 40cm di profondità il nastro in PVC di segnalazione rosso;

- B1 – Posa su strade urbane ed extraurbane – cavo 150 kV in piano:

viene realizzata con scavo della profondità di 170cm e larghezza 70cm, con letto di posa in cemento magro a resistività termica controllata, scheda tecnica TERNA UX LK50, dello spessore di 10cm. Posato il cavo vengono posate le lastre di protezione in cemento armato, scheda tecnica UX LK20/3 sui 2 lati ed UX LK20/1 superiormente, previo riempimento per 40cm di cemento magro a resistività controllata. Come ulteriore elemento di segnalazione va applicata, immediatamente sopra la lastra di protezione, la rete in PVC arancione del tipo delimitazione cantieri che può essere sostituita da lastre di ferro striato 4+2mm. Nella fase di riempimento con materiale inerte o altro materiale idoneo bisogna posare a circa 40cm di profondità il nastro in PVC di segnalazione rosso, nonché i ripristini stradali.

9. RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI

La curvatura dei 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 specifiche o dai costruttori, i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere inferiori a:

- 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 ad elica visibile 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.

10. SOLLECITAZIONI 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 una sollecitazione di 18 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.

11. PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI

11.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE

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, con temperatura massima di esercizio 90 °C e Max temperatura di corto circuito pari a 250°C che danno un valore del coefficiente K in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori in alluminio di 92.

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.

11.2 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 i 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 sovraccorrente.

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;
- b) essi devono possedere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono stati installati;
- 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.

11.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

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 sovraccorrente risultante da un cortocircuito in ogni punto del cavo protetto.

11.4 PROTEZIONE CONTRO IL 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.

12. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

12.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI

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, purchè siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- 1) il rivestimento metallico sia posto sotto una guaina non metallica qualora esista pericolo di danneggiamento chimico meccanico;

- 2) sia assicurata la continuità longitudinale del rivestimento metallico per tutto il percorso del cavo;
- 3) il rivestimento metallico sia messo a terra rispettando le disposizioni;
- 4) 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.

12.2 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 la 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 purchè 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 in AT 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 a 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 o rivestimenti metallici per effetto delle massime correnti che vi possono circolare.

12.3 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.

13. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI

13.1 INCROCI E PARALLELISMI CON CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

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 dove, 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 necessità di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate.

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.

13.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

I 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 2mm. Sono ammessi involucri protettivi differenti da quelli sopra descritti purchè presentino adeguata resistenza meccanica e sono, quando il materiale di cui sono costituiti lo renda necessario, protetti contro la corrosione.

13.3 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAMENTO

I circuiti di comando e segnalamento potrebbero essere oggetto di disturbi, tali da alterarne il regolare funzionamento, causati da fenomeni dovuti a transitori sui circuiti di energia accoppiati con i circuiti di comando e segnalamento stessi. Per ciò che attiene alla mutua influenza dovuta a interferenze elettromagnetiche tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento, valgono le prescrizioni contenute nelle norme CEI 304; 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.

13.4 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI , SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI

Gli incroci fra cavi di energia e le 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.

Per quanto riguarda i 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) 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, purchè il cavo di energia e le tubazioni non saranno posti a diretto contatto fra loro.

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.

13.5 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.

14. CAMPI ELETTROMAGNETICI

Si rimanda alla relazione d'impatto elettromagnetico allegata al seguente progetto (ALT-VTB-RIE) per il calcolo del campo magnetico generato dai cavi in MT ed AT. A titolo riassuntivo, tale studio ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana dovuti alla tipologia di posa dei cavi utilizzati, alla posizione dei cavidotti interrati e ai valori di corrente che li percorrono. I ricettori sensibili che i cavidotti incontrano durante i loro percorsi infatti, sono esterni dalle fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non risulta inferiore agli obiettivi di qualità fissati per legge. Si ricorda che il valore del campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o

assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.