



REGIONE LAZIO

Comune di Paliano



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 37.807,2 kWp INTEGRATO CON UN SISTEMA DI ACCUMULO DELLA POTENZA DI 12.000 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48.000 kW UBICATO NEL COMUNE DI PALIANO (FR) E DELLE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI ANAGNI (FR)

TITOLO

Relazione tecnica dei cavidotti

PROGETTAZIONE

PROPONENTE

 **STUDIO
RINNOVABILI**

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



ATON 27 S.r.l.

ATON 27 S.r.l.
VIA EZIO MACCANI 54 - 38121 Trento (TN)
C.F e P.IVA 02708670225
PEC: aton27.srl@pec.it

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	15/07/2023	Dott. Ing. Sica	Ing. Bartolazzi	Ing. Bartolazzi	Relazione tecnica dei cavidotti

Codice Elaborato

TCN-PLN-RTC

Scala

-

Formato

A4

INDICE

INDICE DELLE FIGURE.....	2
INDICE DELLE TABELLE	2
1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO.....	3
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO O BESS.....	4
2. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA	5
3. INTERFERENZE CON IL CAVIDOTTO	6
4. PROGETTO DEI CAVIDOTTI INTERRATI IN MT.....	9
4.1 PREMESSA	9
4.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
4.3 PROVINCE E COMUNI INTERESSATI	9
4.4 VINCOLI	9
4.5 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT.....	9
4.6 DIMENSIONAMENTO DEL CAVO MT	10
4.7 GIUNZIONI IN MT	12
4.8 MODALITÀ DI POSA DEI CAVI.....	13
5. TRACCIATO DEL CAVIDOTTO ESTERNO	15
5.1 ATTRAVERSAMENTO DI FOSSI O CORSI D'ACQUA.....	17
5.2 PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE DI RISPETTO	18
6. RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI	19
7. SOLLECITAZIONI A TRAZIONE.....	19
8. PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	19
8.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE	19
8.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	20
8.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	20
8.4 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO	20
9. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	21
9.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI.....	21
9.2 MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI	21
9.3 MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI	22
10. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI.....	22
10.1 INCROCI E PARALLELISMI CON CAVI DI TELECOMUNICAZIONE	22
10.2 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAZIONE	22
10.3 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI, SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI	22
10.4 SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI	23

11. CAMPI ELETTROMAGNETICI	23
----------------------------------	----

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Attraversamento tipo mediante tecnica TOC dei fossi	7
Figura 2: Tipico attraversamento di un gasdotto interrato	8
Figura 3: Sezioni degli scavi in MT	14
Figura 4: Materiali di riempimento per tipologia di scavo	14
Figura 5: Inquadramento su ortofoto del percorso del cavidotto e dei relativi percorsi stradali	16
Figura 6: Inquadramento su ortofoto: area d’impianto (blu), confini comunali (in rosso), percorso del cavidotto (in verde) e attraversamento delle interferenze (in ciano)	17
Figura 7: Inquadramento interferenza corso d’acqua.....	18

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Dati tecnici impianto.....	4
Tabella 2 – Dati tecnici impianto BESS	5
Tabella 3 – Identificativo numerico e tipologia delle interferenze	6
Tabella 4: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT	10
Tabella 5: Fasce di asservimento per tipologia di cavidotto in MT.....	15
Tabella 6: Estremi di identificazione dei corsi d’acqua intercettati	18

1. PREMESSA

L'oggetto della seguente relazione tecnica è la descrizione dei cavidotti interrati, interni ed esterni all'area d'impianto agrivoltaico che verrà realizzato nel territorio comunale di Paliano (FR) nella Regione Lazio, con particolare riferimento al cavidotto di evacuazione in MT a 30 kV che trasporta l'energia prodotta dai moduli fotovoltaici dell'impianto e dal sistema di accumulo o BESS integrato, fino alla stazione elettrica utente MT/AT 30/150 kV la quale sarà collegata alla futura SE a 150 kV della RTN localizzata nel territorio comunale di Anagni e di proprietà di Terna SpA.

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto agrivoltaico in progetto verrà realizzato su strutture ad inseguimento solare monoassiale, del tipo "2-in-portrait", con sistema backtracking, aventi una potenza nominale installata di circa 37,807 MWp. L'impianto FV sarà composto da circa 64.080 moduli fotovoltaici monocristallini totali per una potenza complessiva installabile di circa 37,807 kWp.

Per il layout d'impianto, in questa fase, sono stati scelti moduli bifacciali della potenza nominale di 590 Wp (in condizioni STC) modello LR5-72HGD, della Longi.

I moduli verranno collegati tra di loro a formare stringhe le quali saranno collegate elettricamente ai quadri QPS. Questi ultimi a loro volta verranno connessi al proprio inverter. Nell'impianto agrivoltaico verranno installati 120 inverter del tipo SUN2000-330KTL-H1 della Huawei, aventi una potenza nominale in uscita trifase in alternata a 800 V pari a 300 kW.

Complessivamente, l'impianto sarà dotato di n.8 cabine di trasformatore BT/MT, per un totale n.12 trasformatori di potenza trifasi isolati in resina, del tipo DYn11, ONAF, rapporto di trasformazione pari a 0,8/30, di potenza compresa tra 2500÷5000 kVA.

I collegamenti elettrici interni tra le cabine di trasformazione e la cabina di raccolta avverranno con cavi interrati in MT a 30 kV. Inoltre, un cavidotto esterno di circa 3.4 km in MT a 30 kV, collegherà la cabina di raccolta CDR con la stazione elettrica utente per poi collegarsi con la futura SE RTN 150 kV di Anagni.

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

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

Potenza nominale dell'impianto [MWp]	37,807
Potenza sistema di accumulo [MWp]	12
Potenza richiesta per la connessione alla rete [MWp]	48
Potenza modulo agrivoltaico monocristallino [Wp]	590
Numero di moduli totali	64.080
Area d'impianto recintata [ha]	43.26
N° cabine elettriche di trasformazione	8
N° cabine di raccolta	1
Lunghezza totale cavo esterno in MT AC [m]	3.500
Lunghezza totale cavi interni in MT AC [m]	7.700

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.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO O BESS

Il sistema di accumulo in oggetto impiegherà celle elettrochimiche assemblate in moduli e racks e posizionati dentro appositi container metallici (Battery Container). Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate sia in serie che in parallelo, a formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, sono collegati in serie ed in parallelo tra loro ed assemblati in appositi armadi in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente. Il sistema di accumulo sarà un sistema di tipo "outdoor", adatto ad installazioni all'aperto con grado di protezione IP54 (opzionale IP65) e sarà del tipo con collegamento lato corrente alternata, a monte del contatore di produzione, definito sistema di accumulo lato post produzione.

Il sistema di accumulo BESS previsto in progetto sarà composto dai seguenti elementi principali:

- n°24 Battery Container (BC), ognuno costituito da un banco batterie della potenza nominale di 0,5 MW da 2,0 MWh, per un'energia massima fornita pari a 48,0 MWh;
- n°3 Stazioni di trasformazione-inverter o Power Conversion System (PCS) ciascuna con potenza nominale di circa 5,0 MVA, composta da n.2inverter, n.1 trasformatore BT/MT, quadri BT ed MT;
- n°1 Auxiliary Container;

di seguito una tabella riassuntiva che riporta le principali caratteristiche tecniche del layout:

BESS LAYOUT		
Energia complessiva dell'impianto	48	MWh
Potenza dell'impianto	12	MW
Tempo di scarica	4	h
Battery Container - Capacity	2	MWh
Battery Container - Power	0,5	MW
Numero di container	24	
Inverter (FreeMAQ PCSK o MULTI PSCK)	n.6x2005	KVA
Transformer capacity	n.3x5000	KVA
Cabina Servizi aux	1	

Tabella 2 – Dati tecnici impianto BESS

Dal punto di vista elettrico il BESS sarà suddiviso in n.3 sottocampi o gruppi, ciascuno dei quali sarà composto da n.8 BC, che verranno connessi in bt ai rispettivi quadri inverter della PCS-i. Tramite un trasformatore BT/MT, la tensione verrà innalzata a 30 kV e tutte le n.3 unità PCS-i saranno collegate ad anello, mediante cavidotti interrati opportunamente dimensionati, tra di loro e con la cabina di raccolta CDR.

2. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA

Sia i cavidotti interni alle aree d'impianto che collegano i vari sistemi elettrici tra di loro sia i cavidotti esterni di connessione tra la cabina di raccolta, la cabina di smistamento e la sottostazione Terna, saranno realizzati completamente interrati.

I cavidotti in BT e in MT interni all'impianto, avranno rispettivamente una profondità massima di:

- 0,6/0,9 m dal piano campagna e una larghezza variabile fino a 70 cm, dipendente dal numero di cavi posati sullo stesso strato dello scavo;
- 1,2 m dal piano campagna, per una larghezza variabile da un minimo di 0,75 m, fino a 0,9 m subordinata al numero di cavi posati nello scavo.

Sia i cavi interni all'area d'impianto che esterni saranno direttamente posati nello per tutta la lunghezza del percorso.

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 circa 50 m interni all'area d'impianto e circa 300 m 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 sarà posato 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 posizionati sui lati opposti della carreggiata.

3. INTERFERENZE CON IL CAVIDOTTO

Lungo il tracciato che collega la cabina di raccolta e la stazione elettrica utente, il cavidotto in MT composto da n.3 terne di cavi unipolari della sezione di 500 mmq ciascuna, incontrerà una sola interferenza cioè un corso d'acqua/fosso identificata dal numero. La Tabella seguente riporta il nome e la numerazione attribuita all'interferenza e la modalità di attraversamento della stessa. Gli altri attraversamenti identificati coi numeri N°1 ed N°3 non fungono da reali interferenze. Per maggiori informazioni si rimanda alla Tavola TCN-PLN-IE-10 allegata, nella quale si può vedere l'esatta posizione dell'interferenza con il cavidotto.

N. Id	Attraversamento	Tipologia
1	Attraversamento Autostrada A1 al km 598+730	No interferenza: passaggio cavidotto in sottovia autostradale
2	Attraversamento corso d'acqua (Zona Tre Ponti)	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.)
3	Attraversamento Autostrada A1 al km 599+885	No interferenza: passaggio cavidotto in sottovia autostradale

Tabella 3 – Identificativo numerico e tipologia delle interferenze

Nel caso dei corsi d'acqua, in generale, l'attraversamento del cavidotto potrà avvenire in due modi: o posando il cavidotto entro una canalina metallica agganciata meccanicamente ad uno dei lati del ponte qualora presente, oppure in sub alveo (al di sotto dell'alveo del canale d'acqua), eseguito con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.). Per la realizzazione della T.O.C. dovranno in particolar modo essere seguite le indicazioni della Provincia di Frosinone, per l'attraversamento in sub alveo dei corsi d'acqua demaniali. Tutti gli attraversamenti saranno realizzati con direzione ortogonale all'asse delle due tipologie di interferenze, per limitarne la porzione interessata dai lavori di scavo e ripristino. Le quote di interrimento del cavidotto saranno ricordate 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.

Nella **Figura 1** successiva è riportata la soluzione tipo (T.O.C.) per la realizzazione degli attraversamenti dei corsi d'acqua. Ovviamente, la soluzione adottata andrà contestualizzata nei singoli casi, prevedendo variazioni dimensionali opportune che saranno valutate all'atto della realizzazione.

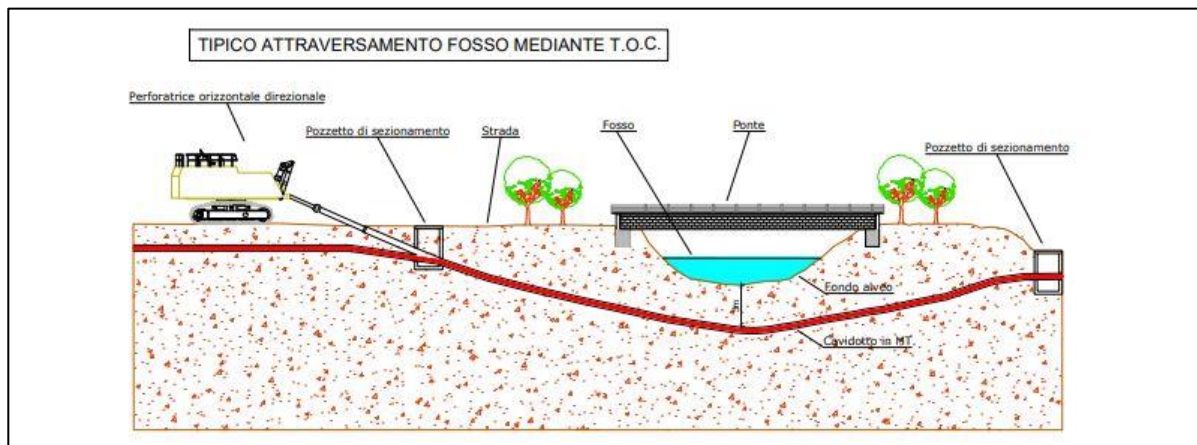


Figura 1: Attraversamento tipo mediante tecnica TOC dei fossi

Nel caso in cui si incontrino dei gasdotti, tubature metalliche o linee di telecomunicazione interrate, in fase esecutiva verrà valutata la tipologia di attraversamento più opportuna, determinando la profondità di posa dei cavi nonché la distanza minima di rispetto dalla condotta, da concordare con la Società proprietaria o concessionaria del gasdotto. Nella **Figura 2** successiva è riportata la soluzione tipo per la realizzazione dell'attraversamento di un gasdotto, secondo le Norma CEI 11-17:

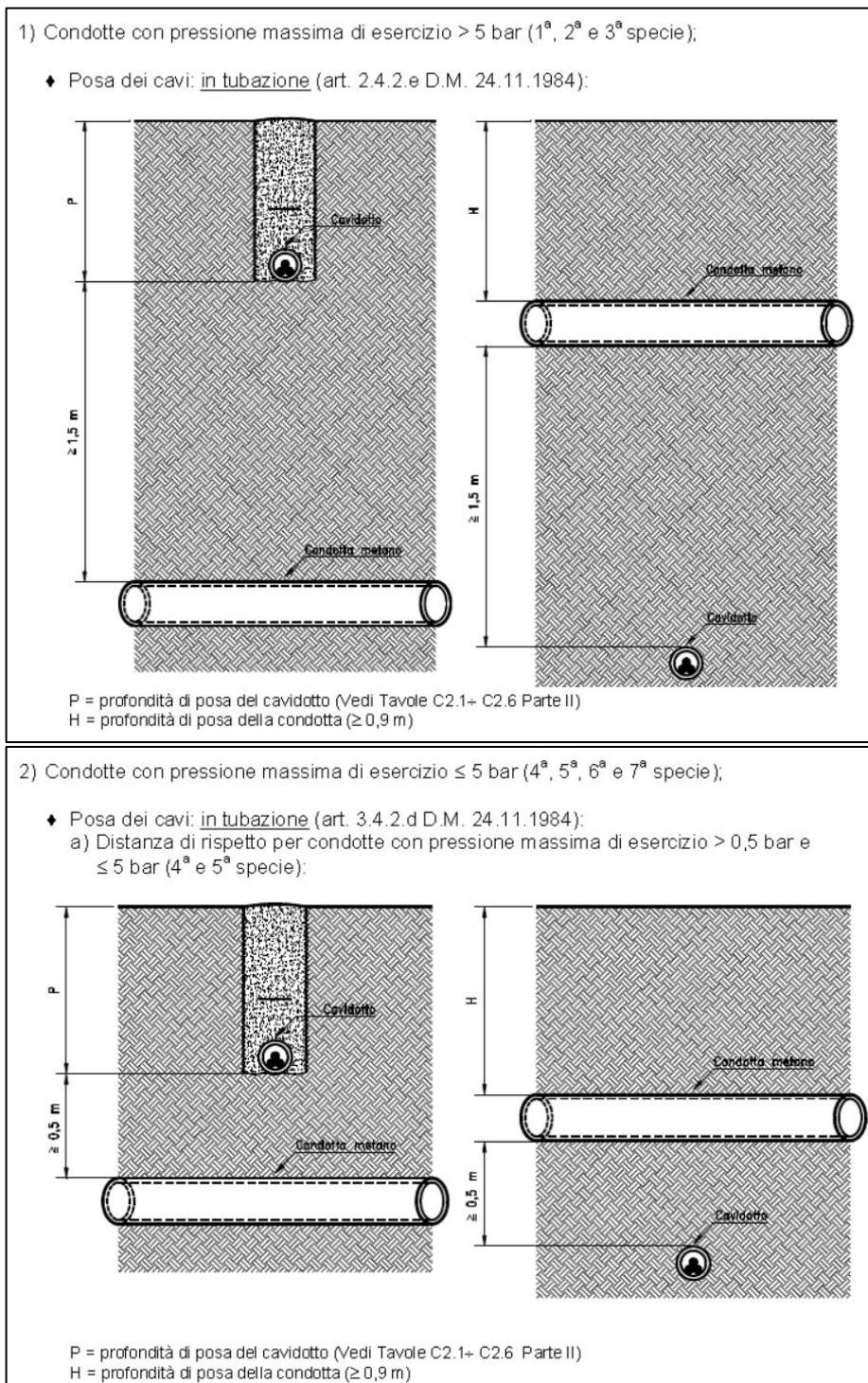


Figura 2: Tipico attraversamento di un gasdotto interrato

4. PROGETTO DEI CAVIDOTTI INTERRATI IN MT

4.1 PREMESSA

Gli elettrodotti saranno tutti direttamente interrati in questa fase progettuale, e costituiti da cavi unipolari, realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene e protezione meccanica tipo "air-bag".

4.2 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.

4.3 PROVINCE E COMUNI INTERESSATI

Il tracciato dell'elettrodotto in MT interessa i Comuni di Paliano e Anagni nella la provincia di Frosinone.

4.4 VINCOLI

Per un'analisi dettagliata, si rimanda alle tavole vincolistiche ed alla relazione paesaggistica allegate. Possiamo affermare che i lavori per la realizzazione dei cavidotti verranno effettuati nel rispetto dei limiti imposti dalla legislazione vigente in modo da garantire la salvaguardia dell'ecosistema. Gli scavi di posa dei cavi elettrici, rispetteranno tutte le normative vigenti, sia in termini di sicurezza che di impatto ambientale, non andando di fatto a modificare visivamente lo stato dei luoghi.

4.5 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT

Di seguito è riportata una tabella esaustiva in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed elettriche del tipo di cavo da 500 mmq utilizzato in questa fase della progettazione, per il trasporto dell'energia generata dal campo agrivoltaico.

Il cavo utilizzato in MT per la connessione tra la cabina di raccolta e la cabina di sezionamento sarà del tipo ARE4H5(AR)E (o similare) unipolare del tipo "air-bag, disposti a trifoglio nello scavo. Si riportano di seguito le caratteristiche del suddetto cavo:

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio	
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>weight</i>	<i>minimum bending radius</i>	<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation trefoil</i>	<i>p=1 °C m/W</i>	<i>p=2 °C m/W</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)
Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV						Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV			
50	8,2	25,5	40,7	1110	550	50	187	167	131
70	9,7	25,6	40,8	1150	550	70	231	204	159
95	11,4	26,5	41,8	1240	560	95	279	244	189
120	12,9	27,4	42,9	1350	580	120	321	277	214
150	14,0	28,1	43,6	1440	580	150	361	310	238
185	15,8	29,5	45,1	1580	600	185	415	351	269
240	18,2	31,5	47,4	1810	630	240	489	408	311
300	20,8	34,7	50,9	2120	670	300	563	459	350
400	23,8	37,9	54,6	2520	730	400	657	526	399
500	26,7	41,0	58,1	2970	770	500	761	650	453
630	30,5	45,6	63,0	3590	840	630	883	682	515

Tabella 4: Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT

4.6 DIMENSIONAMENTO DEL CAVO MT

La potenza in immissione alla rete dell'impianto agrivoltaico e del sistema di accumulo, è pari a circa 48 MW. Di conseguenza il valore della corrente d'impiego che percorre il cavidotto di connessione tra la cabina di raccolta ed il quadro MT della stazione utente di trasformazione MT/AT, è pari a circa:

$$I_{cavo}(A) = \frac{P_N(kW)}{\sqrt{3} \cdot V_N(kV) \cdot \cos(\varphi)} = 1.026,4 \text{ A}$$

dove:

- P_N è la potenza in immissione dall' impianto [MW];
- V_N è la corrispondente tensione nominale alla sbarra della CDR di circa 30 [kV];
- $\cos(\varphi)$ o fattore di potenza, assunto pari a 0,9.

Consideriamo di seguito i parametri elettrici della generica linea elettrica interrata in MT:

- Tipo di cavo: 3x1x500 mmq - ARE4H5(AR)E;
- Tipologia del sistema: trifase;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione nominale: 30 kV;
- Tensione massima del sistema: 30 kV;
- Tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza d'esercizio tra un conduttore isolato qualsiasi e la terra: $U_0 = 40,5 \text{ kV}$;
- Modalità di posa: in tubo interrato (CEI 11.17);
- Profondità Posa: 1,2 m;
- Temperatura del terreno: 25 °C;
- Portata del cavo ($r=1 \text{ [}^\circ\text{Cm/W)}$): 650 A.

La norma CEI EN 35027 definisce i criteri per la determinazione della portata dei cavi di energia con tensione nominale da 1kV a 30 kV.

La formula per il calcolo della portata è la seguente:

$$I_z = I_0 \cdot K_T \cdot K_P \cdot K_R \cdot K_D$$

dove:

I_0 è il valore della portata definita dalle tabelle della norma CEI EN 35027, corrispondente a specificate condizioni di posa interrata che, nel caso in esame è pari a 368 A da catalogo;

K_T rappresenta il coefficiente di correzione per temperatura del terreno;

K_P è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa;

K_R è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno;

K_D è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa (in tubo protettivo).

In base al valore effettivo della portata di corrente e tenuto conto delle varie condizioni di posa del cavo, questo valore deve essere superiore o al più uguale alla corrente di impiego calcolata nel circuito elettrico.

Di seguito il calcolo del dimensionamento del cavidotto con le condizioni di posa descritte precedentemente:

COLLEGAMENTO TRA LA CRD E LA SU	
Lunghezza cavi (m)	3500
Potenza transitante (MW)	48
Corrente totale (A)	1026,4
Conduttori per fase	3
Corrente per fase (A)	342,1
Temp. Terreno (°C)	25
Coefficiente di correz.	0,96
Resistività termica	1
Terreno [K m/W]	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3
Distanza cavi-7[cm]	0,74
Profondità di posa (m)	1,2
Coefficiente di correz.	0,98
Coeffic. per n° di strati	1,0
Coefficiente totale	0,70
Sezione (mm ²)	500
Portata ammissibile (A)	443
cdt%	0,85
DP [kW]	328,2
DP%	0,68

Si evince dalla tabella precedente che per mantenere la c.d.t. entro un certo valore prestabilito (1% della tensione nominale del sistema), è necessario usare n.3 terne di cavi da 500 mmq ciascuno, distanti tra di loro 7 cm nello stesso scavo.

4.7 GIUNZIONI IN MT

Per le giunzioni elettriche in MT saranno utilizzati connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti 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.

4.8 MODALITÀ DI POSA DEI CAVI

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,2 m, con disposizione delle fasi a trifoglio e distanziati di circa 7 cm tra di loro. 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 un corso d'acqua che dovrà attraversare per poter raggiungere la stazione elettrica utente e quindi la Stazione della RNT di proprietà della società Terna SpA. Per superare queste interferenze 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. Nel caso dei gasdotti, invece, si dovranno adottare tutte le indicazioni riportate nella Norma CEI 11-17.

Sono state previste n.3 tipologie di sezioni di scavo per i cavidotti in MT esterni alle aree d'impianto, lungo tutto i loro percorsi:

- 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 TCN-PLN-IE.10:

SEZIONI TIPO CAVIDOTTO INTERRATO IN MT ESTERNO ALL' AREA D'IMPIANTO: CONNESSIONE CDR-SU

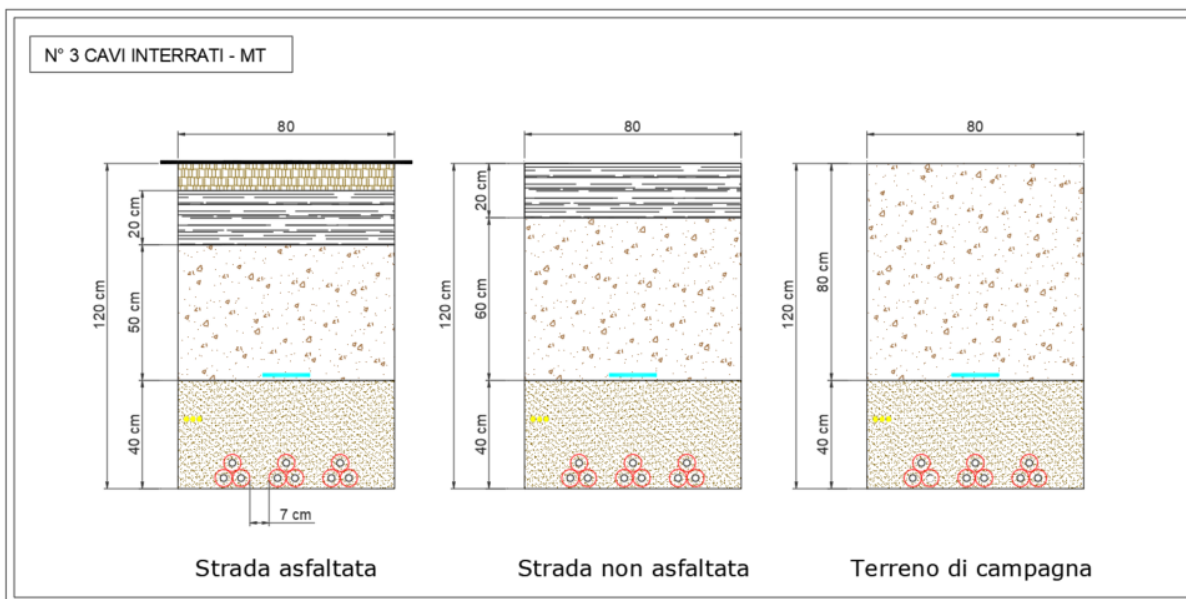


Figura 3: Sezioni degli scavi in MT

e nella figura seguente si riportano i materiali di riempimento per le tre tipologie di scavi sopra descritti:



Figura 4: Materiali di riempimento per tipologia di scavo

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

Tabella 5: Fasce di asservimento per tipologia di cavidotto in MT

5. TRACCIATO DEL CAVIDOTTO ESTERNO

Come riportato in precedenza al paragrafo 2, dalla cabina di raccolta (CDR) ubicata a Sud dell'area d'impianto, avrà origine il cavidotto di collegamento tra l'impianto FV e la stazione elettrica utente localizzata nel comune di Anagni.

Il tracciato del cavidotto, di lunghezza complessiva pari a circa 3,4 km, si svilupperà su un primo tratto internamente all'area d'impianto, ed un secondo tracciato esterno all'impianto sia su terreni agricoli che su strade, fino alla Stazione elettrica utente.

Nella tabella seguente sono riportati i nomi dei percorsi stradali, partendo dalla cabina CDR fino alla futura Stazione della RTN e le relative lunghezze dei tratti stradali coinvolti:

- Strada Sterrata A, per circa 366 m;
- Via Londra, strada asfaltata, per circa 842 m
- Strada Provinciale 163, asfaltata, Tratto 1, 805 m;
- Strada sterrata B con sottopassaggio autostrada, 357 m.
- Strada Provinciale 163, asfaltata, Tratto 2, 230 m;
- Strada comunale "Colle Ticchino", 620 m;
- Strada vicinale sterrata "Torre Fessa Cavignano", 160 m;

Nel seguito si riporta un inquadramento utile ad una visione complessiva del percorso del cavidotto MT, rimandando agli elaborati di progetto le rappresentazioni cartografiche e catastali di dettaglio.

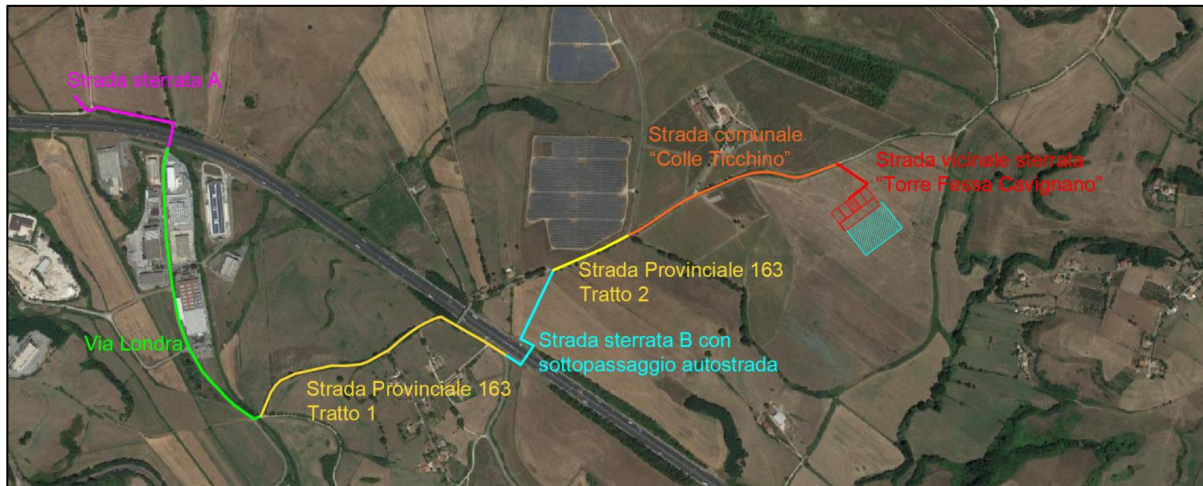


Figura 5: Inquadramento su ortofoto del percorso del cavidotto e dei relativi percorsi stradali

Nella figura successiva è riportato il percorso del cavidotto in MT (in verde) dall'area d'impianto (in magenta), con indicazione delle interferenze (in azzurro).

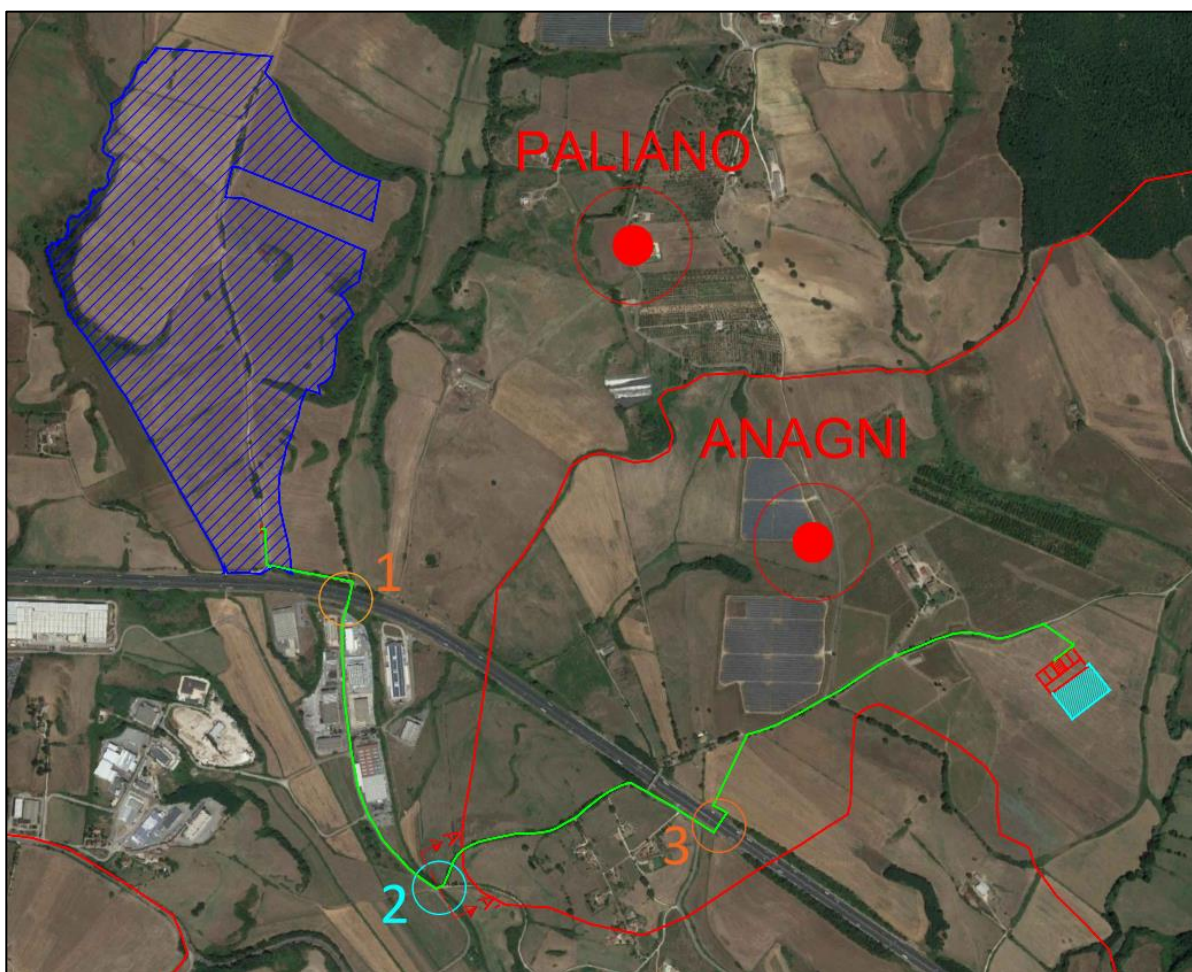


Figura 6: Inquadramento su ortofoto: area d’impianto (blu), confini comunali (in rosso), percorso del cavidotto (in verde) e attraversamento delle interferenze (in ciano)

Si precisa di nuovo che solo l’attraversamento N°2 funge da interferenza, mentre gli attraversamenti autostradali N°1 ed N°3 non sono interferenze essendo previsto il passaggio del cavidotto in un sottovia autostradale.

5.1 ATTRAVERSAMENTO DI FOSSI O CORSI D’ACQUA

Come detto precedentemente, dallo studio approfondito del territorio è emersa la presenza dell’interferenza di un corso d’acqua per il quale è possibile prevederne l’attraversamento sia mediante la posa del cavo entro canalina metallica installata al lato del ponte e sia 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.

Nella figura successiva è riportata una vista di dettaglio dell’attraversamento del corso d’acqua da parte del cavidotto in MT:

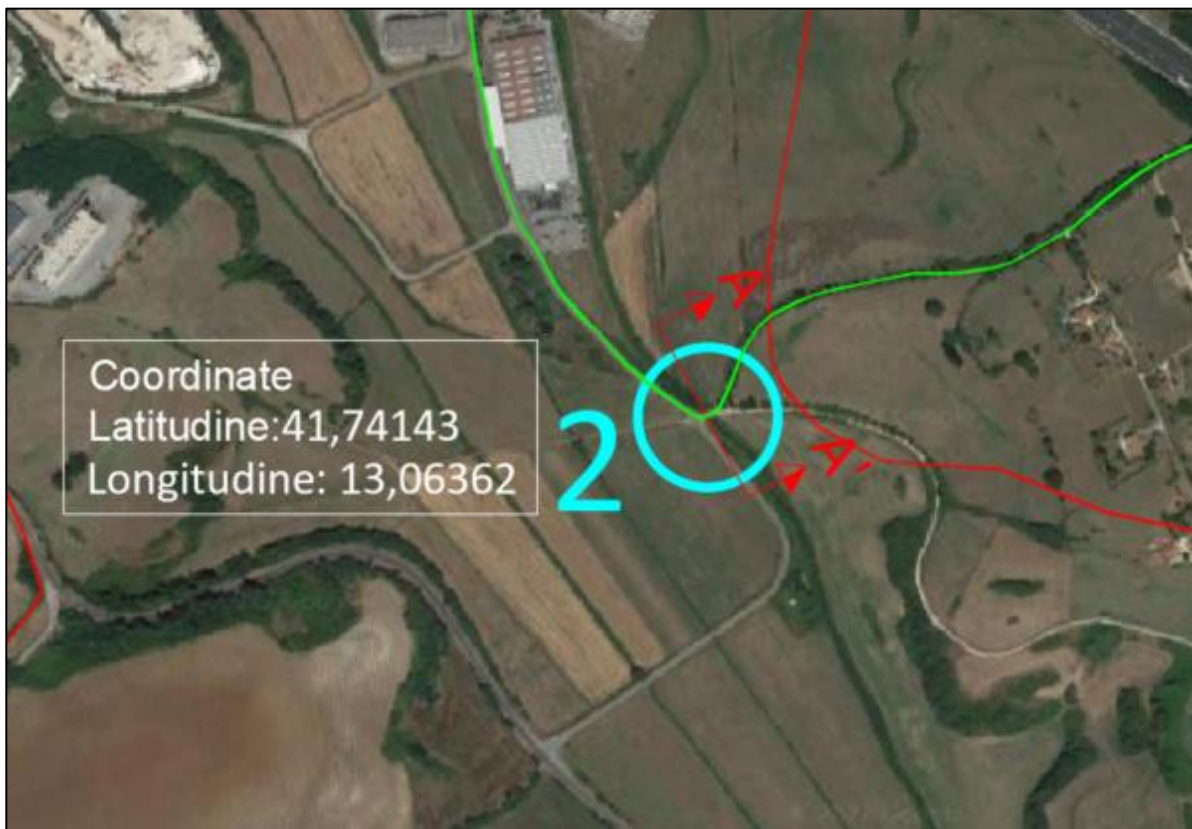


Figura 7: Inquadramento interferenza corso d'acqua

Di seguito si riportano gli estremi di identificazione del corso d'acqua/fosso intercettato, così come desumibili dalle cartografie catastali e dalle carte tecniche regionali:

Identificativo Numerico	Denominazione	Coordinate UTM-WGS84	Modalità di attraversamento prevista
2	Attraversamento corso d'acqua (Zona Tre Ponti)	Lat: 41,74143 Long: 13,06362	Attraversamento in sub-alveo (T.O.C.)

Tabella 6: Estremi di identificazione dei corsi d'acqua intercettati

5.2 PRESCRIZIONI SULLA DETERMINAZIONE DELLE DISTANZE DI RISPETTO

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.

6. 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.

7. 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.

8. PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI

8.1 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.

8.2 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.

8.3 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 sovracorrente risultante da un cortocircuito in ogni punto del cavo protetto.

8.4 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.

9. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

9.1 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, purché 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.

9.2 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 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 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.

9.3 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.

10. COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI

10.1 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.

10.2 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAZIONE

I circuiti di comando e segnalazione 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.

10.3 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.

10.4 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. CAMPI ELETTROMAGNETICI

Si rimanda alla relazione d'impatto elettromagnetico allegata al seguente progetto (TCN-PLN-RIE) per il calcolo del campo magnetico generato dai cavidotti. 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.