



Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.

Progetto di un nuovo parco eolico "Energia Sorano"

Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

26 luglio 2024



Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

Riferimenti

| | |
|---------------------------|---|
| Titolo | Progetto di un nuovo parco eolico "Energia Sorano" Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici |
| Cliente | Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. |
| Redatto | A.Pardini |
| Verificato | G.Saraceno |
| Approvato | L.Magni/O.Retini |
| Numero di progetto | 1669402 |
| Numero di pagine | 22 |
| Data | 26 luglio 2024 |

Colophon

TAUW Italia S.r.l.
Galleria Giovan Battista Gerace 14
56124 Pisa
T +39 05 05 42 78 0
E info@tauw.it

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. TAUW Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da TAUW Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo le norme **UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015 e UNI ISO 45001:2018**.



Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell'informativa sul Trattamento dei Dati Personali su www.TAUW.it.

Indice

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Oggetto e scopo | 4 |
| 2 | Norme tecniche | 5 |
| 3 | Caratteristiche generali impianto e relativi cavidotti MT di collegamento alla Stazione di Utenza | 6 |
| 3.1 | Generalità | 6 |
| 3.2 | Stazione di Utenza e impianto BESS | 7 |
| 3.2.1 | Stazione di utenza | 7 |
| 3.2.2 | Impianto BESS | 8 |
| 3.3 | Descrizione del tracciato dei cavi MT 30 kV | 10 |
| 3.4 | Descrizione dei cavi MT 30 kV | 10 |
| 3.5 | Comuni e Province interessate | 10 |
| 3.6 | Attraversamenti | 10 |
| 3.7 | Caratteristiche dei cavi MT | 11 |
| 3.8 | Fibre ottiche | 13 |
| 4 | Progettazione della canalizzazione | 14 |
| 5 | Giunzioni, terminazioni ed attestazioni | 15 |
| 5.1 | Giunzione cavi MT | 15 |
| 5.2 | Terminazione ed attestazione cavi MT | 15 |
| 5.3 | Giunti di isolamento cavi MT | 16 |
| 5.4 | Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica | 16 |
| 6 | Modalità di posa | 17 |
| 6.1 | Generalità | 17 |
| 6.2 | Modalità di posa dei cavi MT | 17 |
| 6.3 | Modalità di posa dei conduttori di terra | 19 |
| 6.4 | Modalità di posa della fibra ottica | 19 |
| 6.5 | Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate | 20 |
| | Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici | 20 |
| | Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione | 20 |
| | Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione | 20 |
| | Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate | 21 |

1 Oggetto e scopo

Scopo del presente documento è quello di definire le caratteristiche dei cavidotti di collegamento, in Media Tensione, dagli aerogeneratori del parco eolico, denominato “Energia Sorano” costituito da 8 aerogeneratori della potenza nominale di 6,2 MW ciascuno per una potenza totale di 43,4 MW, da realizzarsi nel Comune di Sorano (GR), alla cabina di consegna collocata all’interno della stazione d’utenza, ricadente nel comune di Sorano. La nuova stazione d’utenza per il collegamento dell’impianto alla RTN, sarà ubicata in posizione adiacente alla nuova stazione di rete (132/36 kV) “Sorano” la quale è collegata tramite due nuovi elettrodotti RTN a 132 kV ad una nuova SE RTN 380/132 kV a Pitigliano da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Montalto - Suvereto” e dalla quale partono due linee RTN 132 kV afferenti alla Cabina Primaria Manciano. Tali opere sono previste nella soluzione di connessione alla RTN rilasciata da Terna S.p.A. per l’impianto in oggetto, avente Codice pratica MYTERNA n. 202303125.

Il parco eolico si sviluppa in un’area ubicata a circa 6 km a nord-ovest del paese di Sorano.

Ogni aerogeneratore è collegato pertanto con un cavo in Media Tensione (30kV) all’aerogeneratore successivo e così via fino a raggiungere la stazione d’utenza (cabina di consegna). La stazione d’utenza (30/132 kV), tramite un trasformatore MT/AT, convoglia successivamente l’energia prodotta alla nuova stazione di rete (132/36 kV) sopra detta.

Nel seguito vengono fornite le prescrizioni tecniche per la realizzazione delle linee elettriche sopra elencate.

2 Norme tecniche

- [1] Norma CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore ad 1kV in corrente alternata"
- [2] Norma CEI 99-3 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore ad 1kV in corrente alternata"
- [3] Norma CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"
- [4] Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici"
- [5] Norma CEI 20-27 "Sistema di designazione dei cavi di energia e per segnalamento"
- [6] Norma CEI 20-29 "Conduttori per cavi isolati"
- [7] Norma CEI 7-1 "Corde di rame"
- [8] Norma CEI 20-13 "Cavi isolanti con gomma EPR con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 33 kV)"
- [9] Norma CEI 20-14 "Cavi isolanti con polivinilcloruro di qualità R2 con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 33 kV)"
- [10] Norma CEI 20-11 "Caratteristiche tecniche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per energia"
- [11] Norma CEI 20-22 "Prova dei cavi non propaganti l'incendio"
- [12] Norma CEI 20-36 "Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici"
- [13] Norma CEI 20-37 "Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici"

3 Caratteristiche generali impianto e relativi cavidotti MT di collegamento alla Stazione di Utenza

3.1 Generalità

L'impianto eolico "Energia Sorano" è costituito da 8 (otto) aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ($V=690V$, $P_{max}=6200kW$) collegato al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina ($30/0.69kV$, $A=6600 kVA$). Gli otto gruppi di generazione sono stati suddivisi in due sottocampi aventi ognuno una potenza di 21,7 MW. Le motivazioni che portano alla necessità di suddividere l'impianto in sottocampi sono le seguenti:

- la sezione e quindi la dimensione dei cavi di interconnessione fra i vari generatori risulta ridotta facilitandone la posa;
- in caso di disservizio di un sottocampo, l'impianto può continuare la produzione nella parte restante dei sottocampi, con una perdita di produttività relativamente contenuta.

Gli aerogeneratori sono tra loro connessi attraverso una linea in media tensione a 30 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esce". L'energia prodotta dai due sottocampi sopra detti viene convogliata direttamente alla cabina di consegna collocata all'interno della stazione d'utenza, ubicata nel comune di Sorano. Ogni aerogeneratore è collegato pertanto con un cavo in Media Tensione (30kV) all'aerogeneratore successivo e così via fino a raggiungere la stazione d'utenza (cabina di consegna). La stazione d'utenza (30/132 kV), tramite un trasformatore MT/AT, convoglia successivamente l'energia prodotta alla nuova stazione di rete (132/36 kV) "Sorano".

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione relativi alle macchine fino al quadro MT compreso.

L'impianto elettrico in oggetto comprende sistemi di categoria 0, I, II e III ed è esercito alla frequenza di 50 Hz. Si distinguono le seguenti parti:

- il sistema AT a 36 kV c.a., esercito con neutro a terra;
- il sistema MT a 30 kV c.a., esercito con neutro isolato;
- il sistema BT a 690 V c.a., esercito con neutro a terra (montante aerogeneratore);
- il sistema BT a 400 V c.a., esercito con neutro a terra (servizi ausiliari BT);
- Il sistema a 110 V c.c., per l'alimentazione dei servizi ausiliari della cabina di macchina e di centrale

Nella seguente Figura 3.1 è riportato lo schema unifilare semplificato dell'impianto.

Ns rif.

1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

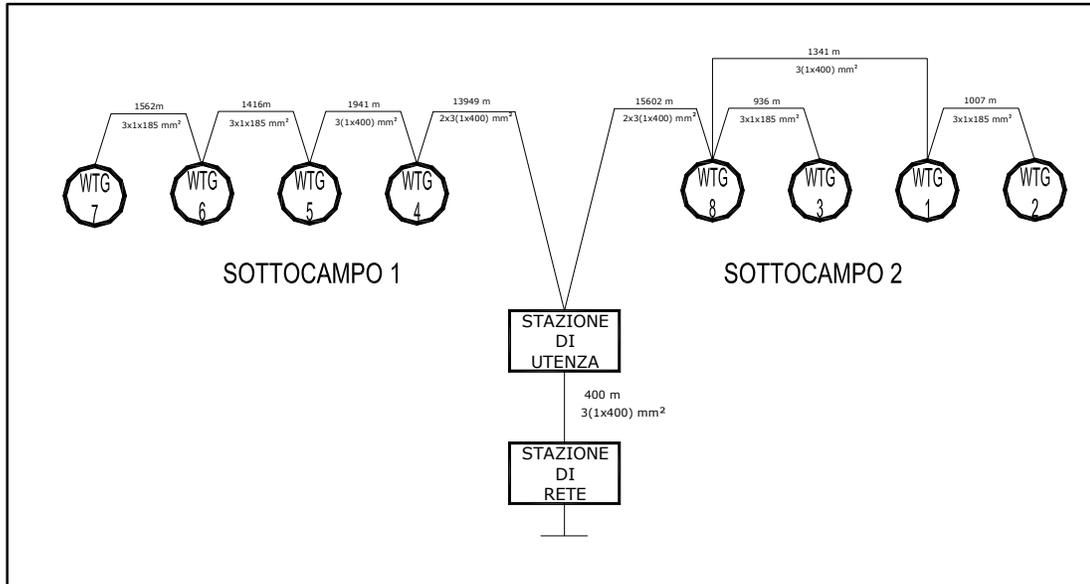


Figura 3.1: schema unifilare semplificato dell'impianto eolico di Sorano (GR)

3.2 Stazione di Utenza e impianto BESS

Nella medesima area è prevista la realizzazione della Stazione di Utenza e dell'Impianto BESS da 10 MW di seguito descritti.

3.2.1 Stazione di utenza

Nella Stazione di utenza sono presenti:

- una cabina di consegna con all'interno le seguenti apparecchiature:
 - quadro MT a 30 kV per l'interfacciamento dell'impianto eolico e del BESS con la rete e con le funzioni di sezionamento, comando e protezione;
 - trasformatore TR-SC MT/BT (30/0,4 kV) da 160 kVA di alimentazione dei servizi ausiliari della cabina d'impianto;
 - quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
 - unità di alimentazione protetta costituita da raddrizzatore, batteria protezione, comando e supervisione della centrale;
 - (110Vcc) ed inverter per le alimentazioni delle apparecchiature di unità di acquisizione dei parametri di supervisione proveniente dalle macchine, elaborazione, archiviazione e trasmissione al posto di teleconduzione remoto dell'impianto.
- trasformatore TR MT/AT (30/132 kV) da 40/50 MVA;

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

3.2.2 Impianto BESS

La configurazione del BESS sarà effettuata in funzione delle scelte progettuali, tecnologia disponibile e scalabilità della soluzione. La modularità o scalabilità dell'impianto sarà realizzata considerando i componenti principali del BESS come: trasformatori BT/MT (isolati in olio), cabinet personalizzati di "Power Converter System" (PCS) e container di batterie.

Al fine della progettazione preliminare è stata definita una unità di configurazione tipica da circa 3,5 MW di potenza erogabile/assorbibile, che sarà replicata per ottenere la potenza/energia nominale dell'impianto.

Tale unità di configurazione tipica è riportata nella figura seguente:

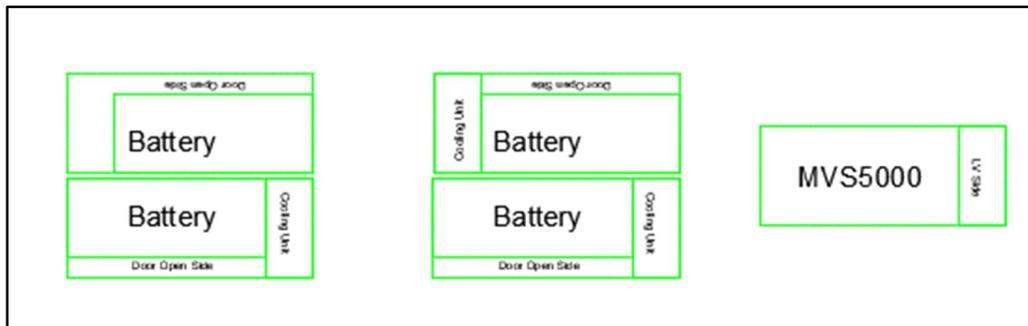


Figura 3.2.: Unità di configurazione tipica dei componenti base del BESS

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

Il sistema di accumulo elettrochimico o Battery Energy Storage System (“BESS”) sarà collegato alla rete nazionale attraverso un collegamento a 132 kV tra la SU e la nuova stazione elettrica RTN di “Sorano”, secondo lo schema previsto dal codice di rete.

Il BESS consentirà di poter compensare la variabilità della potenza richiesta al sistema elettrico nazionale in modo da supportare la stabilità e la regolazione della rete.

La capacità in potenza del BESS è funzione della potenza nominale del sistema di conversione DC/AC e della massima corrente di carica/scarica delle batterie; la capacità in energia del BESS è definita dalla capacità disponibile dell'intero pacco batterie.

Nel caso specifico si ipotizza l'installazione di un sistema di accumulo avente una potenza nominale pari a circa 10 MW.

Il BESS è costituito essenzialmente dai seguenti componenti:

- Assemblati Batterie;
- PCS (apparecchiature di conversione dell'energia elettrica da c.c. in c.a.);
- Trasformatore di accoppiamento;
- Apparecchiature di manovra e protezione;
- Servizi ausiliari;
- Sistema di controllo.

Per il sistema proposto, in particolare si prevede l'installazione di:

- N° 12 container di energia (Battery Container)
- N° 3 sistema di conversione (PCS – Power Conversion System) comprensivo di due inverter in parallelo al trasformatore MT/BT
- N°3 (3x1) unità HVAC per il condizionamento delle cabine di impianto e cabine dei servizi ausiliari

All'interno della Cabina di consegna della stazione di utenza, saranno alloggiati i quadri MT di arrivo dai container, la partenza in MT per il trasformatore MT/AT ed il locale misure.

I containers saranno collegati con i sistemi di condizionamento opportunamente dimensionati in modo da garantire il ricambio dell'aria e di conseguenza le migliori condizioni ambientali per il corretto funzionamento degli equipaggiamenti.

Alligati al presente documento vi sono l'inquadramento su CTR, su catastale, su ortofoto ed il layout di impianto, raffiguranti le aree destinate ai container batterie dell'impianto stesso.

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

3.3 Descrizione del tracciato dei cavi MT 30 kV

Il tracciato dei Cavidotti 30 kV interrati di connessione tra l'impianto eolico e la nuova SU in oggetto, riportato nell'Elaborato 1669402_SOR_026 "Tracciato Cavidotti su CTR con attraversamenti", è stato studiato secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Tale tracciato avrà una lunghezza complessiva di circa 24 km e interesserà il Comune di Sorano (GR) in Regione Toscana.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- rispettare le distanze minime dalle abitazioni prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minore pregio evitando l'interessamento di aree boscate e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico e quella esistente.

3.4 Descrizione dei cavi MT 30 kV

Il collegamento in cavo in esame segue per quanto possibile l'andamento di strade asfaltate e sterrate presenti nel sito. Le strade asfaltate interessate sono quasi esclusivamente Strade Provinciali o Comunali: in particolare la strada provinciale Selvena e la Strada provinciale n°13 Onano.

I cavidotti si estendono per una lunghezza complessiva di circa 24 km e sono suddivisi in 6 diverse tipologie di posa, di cui 5 per strade sterrate e una per strade asfaltate. Le 5 tipologie di posa utilizzate per le strade sterrate sono le seguenti: circa 4,5 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "A", circa 3,8 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "B", circa 1,3 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "C", circa 100 m sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "D" e circa 1,6 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "D1". La tipologia di posa utilizzata per le strade asfaltate è costituita da circa 12,7 km di cavidotti con sezione di tipo "DA1". Tutte le sezioni utilizzate sono mostrate nella tavola "1669402_SOR_028 - Sezioni tipo di posa".

3.5 Comuni e Province interessate

PROVINCE: Grosseto

COMUNI: Sorano

3.6 Attraversamenti

L'elenco delle opere attraversate è riportato nell'elaborato 1669402_SOR_026 "Tracciato cavidotti su CTR con attraversamenti", dove gli attraversamenti sono individuati con un numero d'ordine riportato nell'Elaborato stesso.

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

Nell'Elaborato 1669402_SOR_029 si riportano i particolari circa la risoluzione delle interferenze e degli attraversamenti.

3.7 Caratteristiche dei cavi MT

I cavi per le linee MT avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- Designazione: ARE4H5E o ARE4H5EX
- Conduttori a corda rotonda compatta di alluminio.
- Grado di isolamento: 18/30 kV
- Sezione nominale ≥ 70 mm²
- Tensione nominale: 30 kV
- Corrente massima di esercizio: 879 A (*) calcolata con $\cos\phi=0,95$
- Potenza Nominale: 43,4 MW (*)
- Frequenza Nominale: 50 Hz

(*) riferita alla producibilità massima totale dell'impianto

Nelle figure seguenti sono riportate delle composizioni tipiche dei cavi.

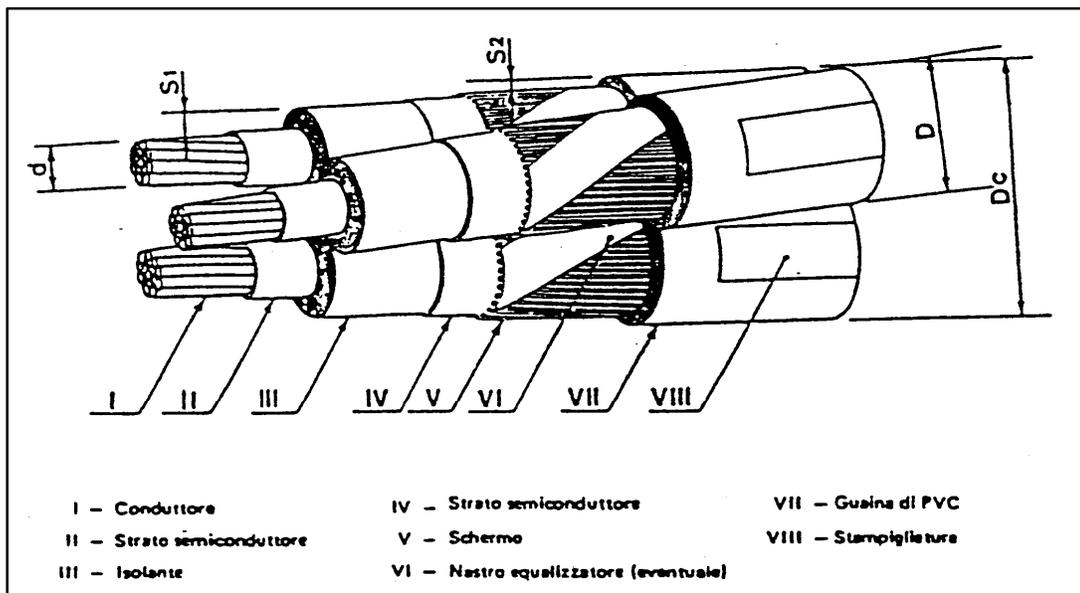


Figura 3.3: composizione tipica cavo unipolare avvolto ad elica

Ns rif.

1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

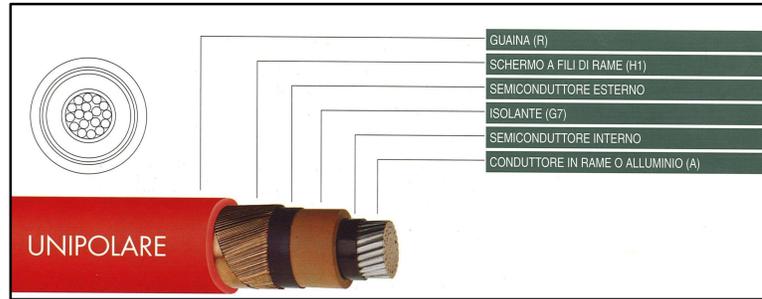


Figura 3.4: composizione tipica cavo unipolare

Essi saranno distribuiti come di seguito riportato.

Sottocampo n. 1

| Da | a | D [m] | S [mm ²] | vie parall. | Iz [A] |
|------|--------|-------|----------------------|-------------|--------|
| WTG7 | WTG6 | 1562 | 3 x 1 x 185 | 1 | 230 |
| WTG6 | WTG5 | 1416 | 3 x 1 x 185 | 1 | 230 |
| WTG5 | WTG4 | 1941 | 3(1 x 400) | 1 | 346 |
| WTG4 | CABINA | 13949 | 2x3(1 x 400) | 2 | 691 |

Sottocampo n. 2

| Da | a | D [m] | S [mm ²] | vie parall. | Iz [A] |
|------|--------|-------|----------------------|-------------|--------|
| WTG2 | WTG1 | 1007 | 3 x 1 x 185 | 1 | 230 |
| WTG1 | WTG8 | 1341 | 3(1 x 400) | 1 | 298 |
| WTG3 | WTG8 | 936 | 3 x 1 x 185 | 1 | 198 |
| WTG8 | CABINA | 15596 | 2x3(1 x 400) | 2 | 595 |

Con Iz portata dei cavi.

Il dimensionamento sopra elencato potrà subire variazioni in sede di progettazione esecutiva.

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

3.8 Fibre ottiche

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del cavo a fibre ottiche di tipo multimodale e monomodale adatto alla posa interrata.

| | TIPO DI FIBRA OTTICA | |
|--|-----------------------------|-------------------|
| | Multimodale | Monomodale |
| Numero delle fibre | 12 | 12/24 |
| Tipo di fibra | 62.5/125 | 9/125/250 |
| Diametro cavo | 11,7 mm | 9 mm |
| Peso del cavo | 130 kg/km circa | 75 kg/km circa |
| Massima trazione a lungo termine | 3000 N | 3000 N |
| Massima trazione a breve termine | 4000 N | 4000 N |
| Minimo raggio di curvatura in installazione | 20 cm | 20 cm |
| Minimo raggio di curvatura in servizio | 10 cm | 15 cm |

4 Progettazione della canalizzazione

Per canalizzazione si intende l'insieme del canale, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezioni segnaletica).

La norma che regola questa materia è la norma CEI 11-17, riempimenti esclusi.

In particolare, la norma stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

La protezione meccanica supplementare non è necessaria se i cavi MT sono posati ad una profondità superiore a 1,7 m.

Per quanto attiene le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione, per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli e le strade ad uso privato.

In posizione sovrastante la protezione deve essere posato il nastro monitore, che avvisi della presenza del cavo.

La presenza dei cavi nel sottosuolo di strade asfaltate è opportuno che venga segnalata in superficie mediante l'apposizione, indicativamente a distanza di 50 m l'uno dall'altro e comunque in ogni deviazione di tracciato, di segnalatori di posizione cavi e giunti.

Nei casi di posa in terreni agricoli la presenza del cavo deve essere segnalata tramite paletti portanti cartelli indicatori "presenza cavo".

5 Giunzioni, terminazioni ed attestazioni

5.1 Giunzione cavi MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (lunghezza minima della pezzatura 500 m), si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.

Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-24 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti.

L'esecuzione delle giunzioni sarà effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione.

5.2 Terminazione ed attestazione cavi MT

Tutti i cavi MT posati dovranno essere terminati da entrambe le estremità.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

I cavi per l'impianto di media tensione a 30 kV saranno in rame di tipo unipolare schermati armati e quindi, oltre alla messa a terra dello schermo sopra detta, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà collegata a terra nel seguente modo:

- tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;
- tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;
- tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra sia dell'armatura che dello schermo deve avere una sezione di 35mm².

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

5.3 Giunti di isolamento cavi MT

Sui cavi MT in arrivo alla cabina di consegna dovranno essere realizzati i giunti di isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico).

I giunti di isolamento dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT e dovranno essere realizzati in modo tale da ottenere una ottimale distribuzione del campo elettrico (campo tipo radiale) evitando pericolose concentrazioni di campo elettrico per spigolosità.

Sui giunti realizzati dovranno essere incluse targhe identificative di esecuzione giunti su cui devono essere riportati (mediante incisione) il nominativo dell'esecutore e la data di esecuzione dei giunti stessi.

5.4 Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica

I cavi in fibra ottica dovranno essere terminati su appositi "cassetti ottici".

L'attestazione avverrà secondo il seguente schema di massima:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo, da eseguire "a regola d'arte";
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

6 Modalità di posa

6.1 Generalità

Le linee elettriche ed in fibra ottica saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, all'occorrenza, posate all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato negli Elaborati 1669402_SOR_013, 1669402_SOR_014 e 1669402_SOR_015, nei quali si riportano gli inquadramenti rispettivamente su IGM, CTR e ortofoto.

I cavidotti in funzione della quantità e tipologia dei cavi, assumeranno la configurazione riportata nelle sezioni tipiche riportate nell'Elaborato 1669402_SOR_028.

6.2 Modalità di posa dei cavi MT

I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,1m. I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 30 cm, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicato nell'Elaborato 1669402_SOR_028;
- posa dei conduttori e fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti, questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate nell'Elaborato 1669402_SOR_028;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- reinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.
- Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:
 - Tracciato delle linee: Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare, il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.
 - Posa diretta in tubazioni: I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

La posa del cavo deve essere preceduta dall'ispezione visiva delle tubazioni e dall'eventuale pulizia interna.

L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto ad evitare lesioni del cavo.

Nelle tratte di canalizzazioni comprensive di curve in tubo posato in sabbia, la tesatura del cavo deve essere realizzata con modalità di tiro che non produca lesioni al condotto di posa.

Per limitare gli sforzi di trazione si può attuare la lubrificazione della guaina esterna del cavo con materiale non reagente con la stessa.

La bobina sarà collocata in prossimità dell'ingresso della tubazione, con asse di rotazione perpendicolare all'asse longitudinale della tubazione stessa ed in modo che lo svolgimento del cavo avvenga dalla parte inferiore della bobina.

Il tiro dovrà essere effettuato mediante un argano dotato di frizione regolabile disposto il più vicino possibile al luogo di arrivo della tratta da posare. È necessario evitare che il cavo, nel passaggio fra bobina e tubo, venga assoggettato a piegature o a sforzi di torsione.

L'applicazione del tiro deve avvenire in maniera graduale e per quanto possibile continuo, evitando le interruzioni.

Gli sforzi di tiro non devono determinare scorrimenti tra conduttori e gli isolanti del cavo, a tal fine dovranno essere utilizzate metodologie atte a scaricare i momenti torcenti che si sviluppano durante il tiro.

Lo svolgimento del cavo deve avvenire mediante rotazione meccanica o manuale della stessa. È vietata la rotazione della bobina tramite il tiro del cavo stesso al fine di evitare anomale sollecitazioni del cavo.

Appositi rulli di scorrimento dovranno essere utilizzati al fine di evitare che durante l'introduzione il cavo strisci contro spigoli metallici (es. telai dei chiusini) o di cemento (es. imboccatura di polifore, pozzetti, canalette ecc.).

Al fine di limitare il più possibile il numero di giunzioni lungo il percorso saranno stese tratte di cavo di lunghezza massima possibile soddisfacendo comunque le prescrizioni di tiro massimo.

La presenza del cavo interrato dovrà essere segnalata con adeguati cippi se il tracciato è su strada oppure con cartelli su paletti se il tracciato attraversa terreni.

La posa del cavo può essere effettuata secondo i due metodi seguenti:

- **a bobina fissa:**

da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura.

La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso.

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.

- **a bobina mobile:**

da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

- *Temperatura di posa:* Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C
- *Sforzi di tiro per la posa:* Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori, e non devono superare i 60 N/mm² di sezione totale.
- *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 830 mm
- *Messa a terra degli schermi metallici:* Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. è vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

6.3 Modalità di posa dei conduttori di terra

Il conduttore di terra deve essere interrato ad una profondità di circa 1,1m dal piano di campagna. Il conduttore in corda di rame nuda di sezione pari a 95 mm² dovrà essere interrato in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm ubicato nel fondo scavo della trincea.

6.4 Modalità di posa della fibra ottica

I cavi in fibra ottica saranno allettati direttamente nello strato di sabbia.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- *Tracciato delle linee:* Il tracciato delle linee in cavo in fibra ottica dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto.
- *Posa diretta in tubazioni:* I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).
- *Sforzi di tiro per la posa:* Durante le operazioni di posa, lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N.
- *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico. Nel caso che il cavo subisca degli sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommato vulcanizzante tipo 3M.

6.5 Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrato

Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione.

La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente.

Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono, di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m

Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

- Cassetta metallica zincata a caldo;
- Tubazione in acciaio zincato a caldo;
- Tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrato parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

1. la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
2. tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.

Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse.

Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m.

Tale distanza può essere 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 si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio 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.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico.

Ns rif. 1669402_SOR_009 Relazione specialistica Opere Elettriche e Calcoli preliminari impianti elettrici

Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.