

N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
19_20_EO_ENE_AU_RE_30_00	LUGLIO 2021	CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI	Ing. Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico

OGGETTO:

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Sava Maruggio" con potenza complessiva di 182 MW da realizzare nei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA), Torricella (TA) ed Erchie (BR)

COMMITTENTE:

RED ENERGY s.r.l.
Z.I. Lotto n. 31
74020 San Marzano di S.G (TA)

TITOLO:

Y2F5HT6_CalcoliPrelImpianti

PROJETTO engineering s.r.l.

società d'ingegneria

direttore tecnico

Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO



Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria

Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)

tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349 1735914

studio@projetto.eu

web site: www.projetto.eu

P.IVA: 02658050733



SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

CARTA: A4

SCALA:

ELAB.

19_20_EO_ENE_AU_RE_30_00

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORME E STANDARD.....	2
3.	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	3
3.1	CAVI MT.....	5
3.2	CARATTERISTICHE DEI CAVI UTILIZZATI.....	6
4.	VERIFICA RETE MT.....	7
4.1	MODALITA' E CRITERI DI CALCOLO.....	7
4.2	VERIFICA DELLA MASSIMA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO.....	9
4.3	VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	10
5.	MODALITA' DI POSA.....	12
5.1	TEMPERATURA DI POSA.....	12
5.2	RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI.....	13
5.3	SOLLECITAZIONE A TRAZIONE.....	13
5.4	RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI.....	14
5.5	LAVORI SU LINEE IN CAVO.....	14
6.	PROVE DI COLLAUDO.....	14

1. PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto la descrizione delle metodologie adottate per il dimensionamento delle linee di connessione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica da realizzarsi nelle aree di pertinenza dei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA), Torricella (TA) ed Erchie (BR).

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di una rete MT interrata con tensione nominale di 30 kV per il collegamento degli aerogeneratori. La soluzione di connessione prevede la realizzazione di una stazione di utenza AT/MT con inserimento in antenna sul futuro ampliamento della stazione elettrica RTN di Erchie (BR).

2. NORME E STANDARD

Di seguito l'elenco delle principali norme tecniche di riferimento.

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- Guida CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV.
- IEC 60502-2 IIa Ed. 2005-03: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.

- IEC 61892-4 Ia Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico con denominazione "Sava Maruggio", che ricade nei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA), Torricella (TA) ed Erchie (BR)

è costituito da n.22 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ($V = 30.000 \text{ V}$, $P = 6.000 \text{ kW}$). Queste macchine sono collegate al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0,69 kV).

Gli aerogeneratori sono raggruppati in otto gruppi (sottocampi) i quali sono così formati: sei gruppi con n.3 macchine e due gruppi con n.2 macchine, ogni gruppo è interconnesso tramite una linea MT a 30 kV alla stazione di utenza (AT/MT) di proprietà di Red Energy s.r.l., la quale si connette alla stazione elettrica RTN 380/150 kV di Erchie attraverso stallo condiviso con altri produttori. Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L'impianto sarà quindi suddiviso in più cluster che convergeranno in un punto comune che ospiterà la trasformazione dell'energia in alta tensione per l'erogazione in rete.

L'impianto è pertanto composto dalle seguenti strutture:

- n.22 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- cavidotto MT;
- n.1 stazione elettrica AT/MT (150/30 kV) con edificio di stazione ospitante i quadri MT di arrivo dei sottocampi e partenza verso il trasformatore di potenza.

Si riportano di seguito i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

RETE MT - AT

- Sistema trifase
- Frequenza 50 Hz

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Sava Maruggio" con potenza complessiva di 182 MW da realizzare nei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA), Torricella (TA) ed Erchie (BR)

RED ENERGY S.R.L.

- Tensione nominale (lato MT) 30 kV
- Tensione nominale (lato AT) 150 kV
- Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN) 31,5 kA
- Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN) 40 kA

GENERATORI ASINCRONI

- Tensione nominale 0.69 kV
- Potenza nominale 6000 kW

TRASFORMATORI MT/BT

- Potenza nominale 6000 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.69 kV
- Collegamento Dyn 11

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 220 MVA
- Rapporto nominale 150/30 kV
- Tensione di c.to c.to 12,5 %
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 2x 100 kVA
- Rapporto nominale $30 \pm 2 \times 2.5\% / 0.4$ kV
- Tensione di c.to c.to 4 %
- Collegamento Dyn11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN

All'impianto di generazione sarà connesso un impianto di accumulo elettrochimico avente una potenza di 50,0 MW (200 MWh) di accumulo.

La potenza in immissione prevista è dato dal contributo della potenza prodotta dal parco eolico e quello dato dal sistema di accumulo, raggiungendo il valore di 182 MW (ac).

PROJETTO engineering s.r.l. società d'ingegneria

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733
Partita Iva : 02658050733
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto
Tel 099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914

Calcoli preliminari degli impianti



SR EN ISO 9001:2015
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018
Certificate No. OHS97

3.1 CAVI MT

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso la cabina primaria 150/30 kV, attraverso un elettrodotto interrato costituito da cavi tripolari posati a trifoglio, con isolamento in XLPE di diversa sezione e con tensione di esercizio pari a 30 kV.

I cavi di collegamento dell'impianto saranno del tipo ARE4H5E 18/30 kV idonei alla tipologia di posa a trifoglio e con conduttori in alluminio, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di alluminio e guaina in polietilene. Detto cavo sarà interrato ad una profondità minima di 1 m dal p.c., in corrispondenza di attraversamenti sarà protetto meccanicamente con tubazione il cui diametro nominale interno non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo stesso ovvero il diametro circoscritto del fascio di cavi (come prescrive la norma CEI 11-17).

Il cavo di sezione massima ha diametro circoscritto pari a 104 mm, pertanto in caso di attraversamenti si adotterà un tubo di protezione con diametro nominale di 160 mm ($\phi_{int}=137mm$). L'installazione sarà equipaggiata con una protezione meccanica (lastra o tegolo), un nastro segnalatore e cartelli segnalatori per cavi interrati. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata con larghezza variabile a seconda del numero di terne di cavi previsti in ciascun tratto. Le linee elettriche saranno ricoperte con il medesimo tipo di sabbia o cemento, la restante parte della trincea sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto di idonee caratteristiche. Nel caso di strade asfaltate verrà realizzato il pacchetto stradale mediante posa di conglomerato bituminoso per strato di binder e tappetino di usura di spessore rispettivamente pari a 10 cm e 4 cm.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche dei collegamenti dei cavi MT:

N. sottocampo	Linea MT		Formazione	Tipo	Lunghezza (m)
1	SM01	SM02	3x1x150	Al	890
	SM02	SM03	3x1x240	Al	1420
	SM03	SSE	3x1x400	Al	10670
2	SM17	SM18	3x1x150	Al	980
	SM18	SM19	3x1x300	Al	4630
	SM19	SSE	2X(3x1x300)	Al	14010
3	SM20	SM22	3x1x150	Al	6460
	SM22	SM08	3x1x240	Al	3325

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Sava Maruggio" con potenza complessiva di 182 MW da realizzare nei Comuni di Sava (TA), Manduria (TA), Maruggio (TA), Torricella (TA) ed Erchie (BR)

RED ENERGY S.R.L.

	SM08	SSE	2X(3x1x300)	AI	8695
4	SM04	SM21	3x1x150	AI	1230
	SM21	SM06	3x1x150	AI	790
	SM06	SSE	3x1x300	AI	7480
5	SM05	SM07	3x1x150	AI	3820
	SM07	SM09	3x1x150	AI	2145
	SM09	SSE	3x1x300	AI	5015
6	SM12	SM13	3x1x150	AI	2510
	SM13	SM14	3x1x150	AI	1930
	SM14	SSE	3x1x300	AI	3960
7	SM10	SM11	3x1x150	AI	1120
	SM11	SSE	3x1x150	AI	2085
8	SM16	SM15	3x1x150	AI	5200
	SM15	SSE	3x1x150	AI	1430
-	Storage 1	SSE	2X(3x1x185)	AI	85
	Storage 2	SSE	2X(3x1x185)	AI	65

Tab. 1 – Rete MT

3.2 CARATTERISTICHE DEI CAVI UTILIZZATI

I collegamenti di media tensione saranno realizzati mediante cavi ad isolamento solido non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi in caso di incendio (CEI 20-22/2, 20-37, 20-38, 20-35, 20-38/1, 20-22/3, 20-27/1). In modo particolare verrà studiata e curata la migliore condizione di posa dei cavi di media tensione, al fine di equilibrare la distribuzione delle correnti nelle singole fasi. Nella posa saranno rispettate le prescrizioni del costruttore, con il fine di mantenere i coefficienti di correzione delle portate di corrente prossimi all'unità.

Il tratto di elettrodotto interrato interno all'impianto sarà costituito da terne composte da 3 cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Ciascuna terna avrà le seguenti caratteristiche:

PROJETTO engineering s.r.l.
società d'ingegneria

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733
Partita Iva : 02658050733
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto
Tel 099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914

Calcoli preliminari degli impianti



SR EN ISO 9001:2015
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018
Certificate No. OHS97

Caratteristiche tecniche	
Tensione di esercizio U_0/U (kV)	18/30
Tensione massima di esercizio U_m (kV)	36
Frequenza nominale (Hz)	50
Temperatura massima di servizio ($^{\circ}C$)	90
Temperatura minima di posa ($^{\circ}C$)	- 20
Temperatura massima di cortocircuito ($^{\circ}C$)	250
Sforzo massimo di trazione (N/mm ²)	50
Raggio minimo di curvatura	$15 \cdot D$ (D=Diametro esterno)

Tab. 2 – Caratteristiche tecniche cavo ARE4H5E

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

La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati, ovvero 30 kV. I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo, secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17: 2006-07.

I percorsi interrati dei cavi devono essere segnalati, in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi, mediante l'utilizzo di nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0.2 m al di sopra dei cavi, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17: 2006-07. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Media Tensione".

4. VERIFICA RETE MT

4.1 MODALITA' E CRITERI DI CALCOLO

Nel seguito si illustrano i risultati di calcolo, atti a verificare le scelte effettuate sulle sezioni dei cavi della rete dell'impianto eolico, in accordo alla normativa vigente.

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore è calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante. Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35027 e dalle schede tecniche dei cavi utilizzati, applicando ai valori individuati dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Nei casi di cavi con diverse modalità di posa, è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa.

La portata di un cavo I_z è influenzata dai seguenti fattori:

- temperatura dell'ambiente circostante;
- presenza o meno di conduttori attivi adiacenti;
- reale tipo di installazione.

Normalmente, le portate dei cavi sono riferite alla sotto indicata condizione di installazione di riferimento:

- temperatura ambiente di riferimento per i cavi interrati 20°C;
- assenza di conduttori attivi adiacenti a quello in esame;
- Resistività termica del terreno 1 °C·m/W;
- Profondità di posa 1,2 m.
- Cavi unipolari disposti a trifoglio

Nel caso in esame la modalità di posa è in accordo con quella di riferimento, inoltre l'installazione dei cavi avverrà ad una profondità inferiore (1 m) ottenendo una valutazione maggiormente cautelativa.

Le sezioni dei cavi per i collegamenti saranno tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti ad effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico sarà eseguita verificando che la corrente nominale della linea è compresa tra il valore della corrente di impiego del circuito calcolata come massimo carico alimentabile dal cavo sotto esame e la portata in regime permanente del conduttore, ovvero:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

per soddisfare tale condizione è necessario dimensionare i cavi in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b viene scelta la corrente nominale della protezione a monte e con questa si procede alla scelta della sezione dei cavi. La scelta viene fatta in base ai valori di corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi.

4.2 VERIFICA DELLA MASSIMA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la seguente formula:

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

da cui si ottiene:

$$I_{cc} = (K \cdot S) / \sqrt{t}$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito (A);
- S sezione del conduttore (mm^2);
- t durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni);
- K coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito. Con temperatura del conduttore di 90°C e 250°C rispettivamente all'inizio e alla fine del cortocircuito, inoltre per i conduttori di alluminio risulta $K=92$.

La suddetta formula consente di verificare che la sezione scelta è in grado di sopportare la massima corrente di guasto prevista per il sistema di media tensione in esame, in funzione del tempo di intervento delle protezioni, rispettando i limiti ammissibili di temperatura.

La durata del corto circuito è in funzione del tempo di intervento delle protezioni e può essere stabilito in 500 ms. Per la sezione di riferimento, la corrente di corto circuito massima ammissibile è la seguente:

Sezione	Coefficiente Alluminio	Tempo max di intervento delle protezioni	Icc
[mm ²]		[s]	[kA]
150	92	0,5	19,52
185	92	0,5	24,07
240	92	0,5	31,23
300	92	0,5	39,04
400	92	0,5	52,04

Tab. 3 – Valori delle correnti di cortocircuito

4.3 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE

Le sezioni dei cavi sono verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione alla corrente di normale utilizzo.

Il dimensionamento delle condutture elettriche deve essere tale da mantenere, in condizioni normali di esercizio, la caduta di tensione entro i limiti ammessi e definiti.

La caduta di tensione sulla linea è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = K \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

nella quale:

- L = lunghezza della linea espressa in km
- I = corrente di impiego espressa in A
- R = resistenza (a 90°) della linea in Ω/km
- X = reattanza della linea in Ω/km
- cos φ = fattore di potenza (nei calcoli si considera cos φ = 0,9)
- K = 1,732 per linee trifasi.

In percentuale si ha:

$$\Delta V\% = (\Delta V / V_n) \times 100$$

dove:

V = caduta di tensione;

V_n = tensione nominale della linea.

Relativamente alla caduta di tensione è buona prassi limitarne il valore totale a valori prossimi al 4% nella quasi totalità dei circuiti.

Una eccessiva caduta di tensione determina elevate perdite di energia attraverso i cavi pregiudicando l'efficienza dell'impianto eolico.

Se un cavo di determinata sezione, calcolata secondo i criteri di dimensionamento espressi, soddisfa le verifiche, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate e per l'alimentazione dell'utenza in esame.

Si indica di seguito il dimensionamento minimo dei tratti tipici presenti nell'impianto, per il calcolo si sono assunte come riferimento le condizioni più gravose, ovvero i massimi valori di lunghezza e carico a cui possono essere sottoposti i tratti di collegamento presenti nell'impianto in oggetto.

N. sottocampo	Tratto da	a	Lunghezza (m)	Formazione	Tipo	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Ib (A)	Iz (A)	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔV tot (%)
1	SM01	SM02	890	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	57,93	0,19	3,86
	SM02	SM03	1420	3x1x240	Al	0,161	0,114	257	410	122,95	0,41	
	SM03	SSE	10670	3x1x400	Al	0,101	0,106	385	530	976,40	3,25	
2	SM17	SM18	980	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	63,56	0,21	3,90
	SM18	SM19	4630	3x1x300	Al	0,129	0,11	257	463	337,96	1,13	
	SM19	SSE	14010	2X(3x1x300)	Al	0,129	0,11	385	926	766,99	2,56	
3	SM20	SM22	6460	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	418,98	1,40	3,94
	SM22	SM08	3325	3x1x240	Al	0,161	0,114	257	410	287,90	0,96	
	SM08	SSE	8695	2X(3x1x300)	Al	0,129	0,11	385	926	476,02	1,59	
4	SM04	SM21	1230	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	79,77	0,27	3,34
	SM21	SM06	790	3x1x150	Al	0,265	0,124	257	312	102,84	0,34	
	SM06	SSE	7480	3x1x300	Al	0,129	0,11	385	463	819,00	2,73	
5	SM05	SM07	3820	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	247,75	0,83	3,59
	SM07	SM09	2145	3x1x150	Al	0,265	0,124	257	312	279,22	0,93	
	SM09	SSE	5015	3x1x300	Al	0,129	0,11	385	463	549,10	1,83	
6	SM12	SM13	2510	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	162,79	0,54	2,83
	SM13	SM14	1930	3x1x150	Al	0,265	0,124	257	312	251,23	0,84	
	SM14	SSE	3960	3x1x300	Al	0,129	0,11	385	463	433,59	1,45	
7	SM10	SM11	1120	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	72,64	0,24	1,15
	SM11	SSE	2085	3x1x150	Al	0,265	0,124	257	312	271,41	0,90	

8	SM16	SM15	5200	3x1x150	Al	0,265	0,124	128	312	337,26	1,12	1,74
	SM15	SSE	1430	3x1x150	Al	0,265	0,124	257	312	186,15	0,62	
-	Storage 1	SSE	85	2X(3x1x185)	Al	0,211	0,119	535	706	19,03	0,063	0,11
	Storage 2	SSE	65	2X(3x1x185)	Al	0,211	0,119	535	604	14,55	0,049	

Tab. 4 – Dimensionamento linee MT

Come si evince dalla tabella il valore della C.d.T. relative alle linee MT del collegamento tra i gruppi di generazione e la stazione elettrica è inferiore al 4% previsto, pertanto la sezione dei cavi selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

5. MODALITA' DI POSA

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,2 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Nei tratti in cui si attraversino terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non possono essere rispettate le profondità minime sopra indicate, devono essere predisposte adeguate protezioni meccaniche.

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.

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

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

5.1 TEMPERATURA DI POSA

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a 20°C.

5.2 RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI

La curvatura de cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. Durante le operazioni di posa per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme particolari o dai costruttori, i raggi di curvatura, misurati sulla generatrici interna degli stessi, non devono essere inferiori a $15xD$ dove D è il diametro esterno del cavo unipolare.

5.3 SOLLECITAZIONE A TRAZIONE

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione.

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed. III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori.

Per un conduttore in alluminio della tipologia sopra indicata lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore a 50 N/mm^2 , da cui si ricavano i seguenti valori per ciascuna sezione di cavo impiegata:

$3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2 \rightarrow 22500 \text{ N}$

$3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2 \rightarrow 27750 \text{ N}$

$3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2 \rightarrow 36000 \text{ N}$

$3 \times 1 \times 300 \text{ mm}^2 \rightarrow 45000 \text{ N}$

$3 \times 1 \times 400 \text{ mm}^2 \rightarrow 60000 \text{ N}$

Quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto, per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto

snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

5.4 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.

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. 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 dalle Norme EN 61936-1 e EN 50522.

5.5 LAVORI SU LINEE IN CAVO

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

6. PROVE DI COLLAUDO

Tutti i cavi in media tensione devono essere sottoposti alle prove di collaudo successive alla posa ed in seguito a modifiche sull' impianto.

Prima della messa in servizio della linea MT la normativa raccomanda di eseguire il controllo allo scopo di assicurarsi che il montaggio degli accessori sia conforme e che i cavi non siano deteriorati durante le operazioni di posa.

Le apparecchiature di prova e diagnostica devono consentire di eseguire:

- la prova VLF per rilevare danni agli isolamenti nei cavi in materiale plastico nel più breve tempo possibile, senza compromettere la qualità del materiale isolante.
- la diagnosi del fattore di dissipazione con a frequenza di 0,1 Hz per ottenere una valutazione differenziata dello stato di invecchiamento dei cavi isolati XLPE. La misura del fattore di dissipazione distingue tra cavi nuovi, leggermente o fortemente danneggiati da infiltrazioni di acqua.

La prova di tensione applicata sarà eseguita con tensione continua, applicata per 15 min. tra ciascun conduttore e lo schermo. Il valore della tensione di prova dipende dal tipo di cavo impiegato, nel caso in esame sarà di $3 U_0$, dove U_0 è la tensione massima che con sicurezza l'isolamento del cavo può sopportare verso terra.