

PROPONENTE: **AME ENERGY S.r.l.**

Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - [ameenergysrl@legalmail.it](mailto:ameenergysrl@legalmail.it) - PIVA 12779110969

**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI SALERNO**  
**COMUNE DI CAGGIANO**

Titolo del Progetto:

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO UBICATO NEL COMUNE DI CAGGIANO (SA) IN LOCALITA' "TEMPA DEL VENTO", CON POTENZA NOMINALE PARI A 46.2 MW**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**CAGEO-T014**

ID PROGETTO:	<b>105</b>	DISCIPLINA:	<b>PD</b>	TIPOLOGIA:	<b>R</b>	FORMATO:	<b>A4</b>
--------------	------------	-------------	-----------	------------	----------	----------	-----------

Elaborato:

**RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA OPERE ELETTRICHE**

FOGLIO:	<b>53</b>	SCALA:	<b>-</b>	Nome file:	<b>CAGEO-T014.docx</b>
---------	-----------	--------	----------	------------	------------------------

**Progettazione:**

**IPROJECT S.R.L.**



**Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti  
ad Energia Rinnovabile**

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI)

P.IVA 11092870960-PEC: [i-project@legalmail.it](mailto:i-project@legalmail.it)

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA)

-mail: [a.manco@iprojectsrl.com](mailto:a.manco@iprojectsrl.com)

Cell: 3384117245

**Progettista:** Arch. Antonio Manco



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	15/07/2023	Prima emissione	Ing. Vincenzo Oliveto	Ing. Vincenzo Oliveto	Arch. Antonio Manco

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>6</b>
3.1	Produttività Energetica dell'impianto .....	7
<b>4</b>	<b>CRITERI DI PROGETTAZIONE E SOLUZIONI DI CALCOLO .....</b>	<b>8</b>
4.1	Descrizione dei carichi .....	8
4.1.1	Specifiche tecniche aerogeneratore.....	8
4.2	Cavidotto MT .....	9
4.3	Criteri di dimensionamento.....	11
4.3.1	Dimensionamento delle condutture .....	11
4.4	Verifica e coordinamento dell'impianto.....	13
4.5	Dispositivi di protezione .....	14
4.5.1	Protezione contro le sovracorrenti.....	14
4.5.2	Protezione contro il corto circuito.....	15
4.5.3	Protezioni contro i contatti diretti e indiretti.....	16
<b>5</b>	<b>SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE .....</b>	<b>17</b>
5.1	Sistema di protezione contro le scariche atmosferiche per gli aerogeneratori.....	19
5.2	Sistema di protezione contro le scariche atmosferiche per le cabine di smistamento .....	21
<b>6</b>	<b>CABINE DI SMISTAMENTO A 30 KV .....</b>	<b>23</b>
6.1	Caratteristiche costruttive.....	23
6.2	Quadro mt .....	23
<b>7</b>	<b>COLLEGAMENTI E STRUTTURE METALLICHE.....</b>	<b>25</b>
7.1	Conduttori, morse e collegamenti at .....	25
7.2	Strutture metalliche .....	25
7.3	Collegamenti ausiliari .....	25
7.4	Rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati via modem .....	26
<b>8</b>	<b>IMPIANTO GENERALE DI TERRA .....</b>	<b>28</b>
8.1	Generalità .....	28
8.2	Dispensori.....	29

---

8.2.1	Dimensioni minime e materiali degli elementi dispersori.....	30
<b>9</b>	<b>INTERFERENZE E ATTRAVERSAMENTI .....</b>	<b>31</b>
9.1	Attraversamenti stradali.....	31
9.2	Interferenza cavidotto interrato con linee di energia, telecomunicazioni e condutture interrate .....	32
9.2.1	Parallelismi e incroci fra cavi elettrici.....	32
9.2.2	Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione .....	32
9.2.3	Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche.....	33
9.2.4	Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti .....	33
<b>10</b>	<b>OPERE ELETTRICHE DA REALIZZARE PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO EOLICO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN) .....</b>	<b>34</b>
10.1	Sottostazione elettrica 30/150 kv.....	34
10.2	Ubicazione dell'opera .....	35
10.3	Caratteristiche della parte di potenza .....	36
10.4	Caratteristiche delle principali apparecchiature.....	37
10.5	Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo .....	44
10.6	Opere civili .....	45
10.7	Collegamento alla Stazione RTN .....	47
10.7.1	Cavidotto interrato AT.....	48
<b>11</b>	<b>VERIFICHE DI COLLAUDO.....</b>	<b>51</b>

---

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione si propone di illustrare sinteticamente i criteri ed i procedimenti assunti alla base dell'elaborazione progettuale dell'impianto elettrico a servizio di un parco eolico ubicato in Campania e si propone di definire i parametri indispensabili alla definizione dei criteri e dei procedimenti di progettazione.

Il parco eolico sarà realizzato nel Comune di Caggiano (SA) con opere connesse ricadenti nei Comuni di Caggiano (SA) e Polla (SA) ed è diviso in tre sottocampi.

Sul terreno non sono presenti vincoli che impediscono la realizzazione dell'impianto. Le aree interessate sono raggiungibili percorrendo strade provinciali, comunali e vicinali.

Il terreno non presenta vincoli paesaggistici, si è comunque progettato l'impianto in modo da ridurre il più possibile l'impatto visivo.

### Caratteristiche Impianto

- Tipo utenze: generatori eolici interfacciati alla rete a mezzo inverter.
  - Generatori eolici da 6.600 kW
  - Potenza nominale totale: 46,2 MWp
- Tensione nominale rete AT: 150 kV.
- Condutture elettriche: direttamente interrate con eventuale protezione addizionale (elementi di resina).
- Tipo cavo: unipolare con conduttore di alluminio.
- Tipo selettività dispositivi di interruzione: cronometrica.
- Corrente di cortocircuito: non comunicata da parte di TERNA.
- Corrente Massima di Terra: non comunicata da parte di TERNA.
- Tempo di intervento delle protezioni: non comunicata da parte di TERNA.
- Fornitura: in cavo, in SE RTN AT/AT – Sezione a 150 kV.

---

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dal DM n. 37 del 22 gennaio 2008. Rimane tuttora valido, sotto il profilo generale, quanto prescritto dal D. lgs 81/2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

Le caratteristiche dell'impianto, nonché di tutte le componenti l'impianto, dovranno essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alla prescrizione di autorità locali, comprese quelle dei VVF;
- alla prescrizione ed indicazioni delle Società Distributrice di energia elettrica;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

### **NORME di RIFERIMENTO**

- *CEI 0-16: Regola tecnica per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;*
- *CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua;*
- *CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;*
- *CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);*
- *CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;*
- *CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;*
- *CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;*
- *CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);*
- *CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;*
- *CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo*
- *CEI 81-1: Protezione delle strutture contro i fulmini;*
- *CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;*
- *CEI 81-4: Valutazione del rischio dovuto al fulmine;*
- *CEI 82-25: Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica;*

- *CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici*
- *CEI 0-3: Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990;*
- *CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale*
- *D. Lgs. 81/08 e successive modificazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;*
- *D.M. 37/08 Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies comma 13 lett. a della legge n°248 del 02\12\2005 recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;*
- *Delibera AEEG n. 188/05, per le modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti.*
- *Delibera AEEG n. 40/06, per integrare la deliberazione n. 188/05.*
- *Delibera AEEG n. 88/07, Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.*
- *Delibera AEEG n. 89/07, Condizioni tecnico economiche per la connessione degli impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale a 1 kV.*
- *Delibera AEEG n. 90/07, Attuazione del decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 19 Febbraio 2007.*
- *Delibera AEEG n. 281/05 e s.m.i. Delibere AEEG n.28/06 e n.100/06, Condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con tensione nominale superiore ad 1 kV i cui gestori hanno l'obbligo di connessione di terzi.*
- *D.Lgs. 387/2003 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità".*
- *D.Lgs. 28/2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".*
- *Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici.*
- *D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica".*
- *Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne".*
- *Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59".*

Quanto altro previsto dalla vigente normativa di legge, ove applicabile.

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto eolico è ubicato in Campania nel Comune di Caggiano (SA).

La localizzazione e la strutturazione dell'impianto eolico è stata individuata attraverso un'analisi condotta sulla bontà del livello di ventosità e sulle caratteristiche antropiche e ambientali del territorio di Caggiano. Prioritario, già in fase di studio, è stato l'impegno per la massima attenzione al rispetto dei criteri di inserimento dell'impianto nel contesto paesaggistico, armonizzando l'installazione con la valorizzazione ambientale e sociale del territorio che lo ospiterà.

La zona del parco è caratterizzata da morfologie montane e pedemontane. In particolare il parco sarà collocato sui crinali e su morfologie a bassa pendenza e stabili con altimetria media di circa 1100 m s.l.m.

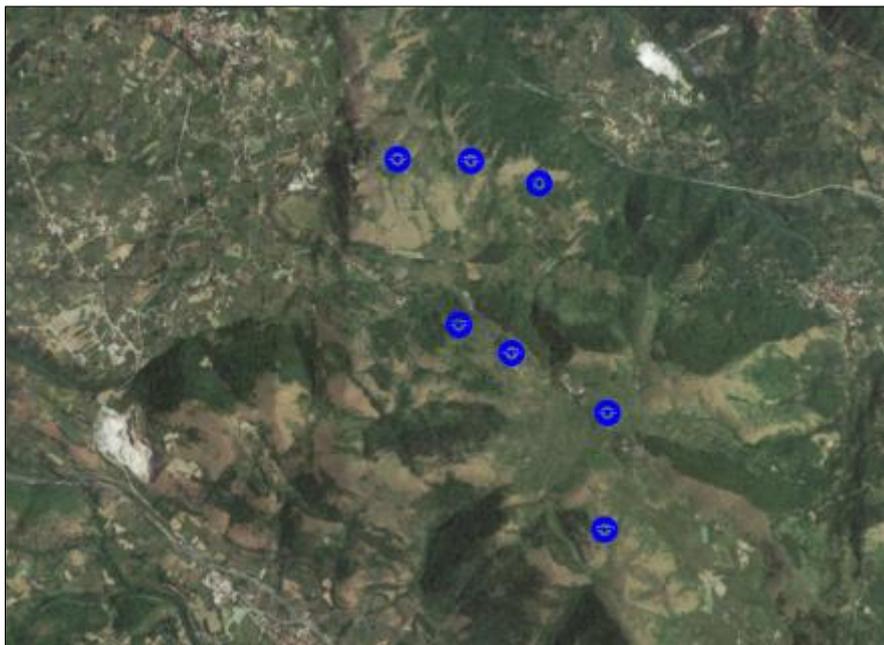


Figura 1: Ortofoto dell'impianto di progetto

La posizione delle torri del parco eolico che sarà realizzato è di seguito individuata:

ID TORRE	COMUNE	RIFERIMENTI CATASTALI		COORDINATE GEOGRAFICHE (GAUSS-BOAGA)		ALTEZZA al mozzo [m]	TIPO
		FOGLIO	PARTICELLA	EST	NORD		
1	CAGGIANO	23	54	2563477	4489746	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
2	CAGGIANO	24	148-147	2564114	4489730	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
3	CAGGIANO	25	53	2564708	4489534	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
4	CAGGIANO	27	89	2564012	4488293	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
5	CAGGIANO	26	136	2564405	4487890	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
6	CAGGIANO	32	10	2565238	4487719	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
7	CAGGIANO	33	143	2565307	4486580	120	SG 6.6 Siemens Gamesa

---

### 3.1 PRODUTTIVITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico è in grado di raggiungere una produzione annua stimata a P90 di 108,6 GWh/anno, con circa 2351 ore vento/anno.

L'iniziativa progettuale è stata progettata in una ottica di Grid Parity, pertanto l'energia prodotta stimata può garantire la realizzabilità dell'opera anche in assenza di incentivi statali.

La produzione annua di energia elettrica venduta sul mercato libero al "Prezzo zonale orario" (PUN maggio 2023 pari a € 105 MWh), consentirebbe un fatturato teorico annuo pari a circa € 11.403.000.

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto eolico è ubicato in Campania nel Comune di Caggiano (SA).

La localizzazione e la strutturazione dell'impianto eolico è stata individuata attraverso un'analisi condotta sulla bontà del livello di ventosità e sulle caratteristiche antropiche e ambientali del territorio di Caggiano. Prioritario, già in fase di studio, è stato l'impegno per la massima attenzione al rispetto dei criteri di inserimento dell'impianto nel contesto paesaggistico, armonizzando l'installazione con la valorizzazione ambientale e sociale del territorio che lo ospiterà.

La zona del parco è caratterizzata da morfologie montane e pedemontane. In particolare il parco sarà collocato sui crinali e su morfologie a bassa pendenza e stabili con altimetria media di circa 1100 m s.l.m.



Figura 1: Ortofoto dell'impianto di progetto

La posizione delle torri del parco eolico che sarà realizzato è di seguito individuata:

ID TORRE	COMUNE	RIFERIMENTI CATASTALI		COORDINATE GEOGRAFICHE (GAUSS-BOAGA)		ALTEZZA al mozzo [m]	TIPO
		FOGLIO	PARTICELLA	EST	NORD		
1	CAGGIANO	23	54	2563477	4489746	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
2	CAGGIANO	24	148-147	2564114	4489730	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
3	CAGGIANO	25	53	2564708	4489534	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
4	CAGGIANO	27	89	2564012	4488293	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
5	CAGGIANO	26	136	2564405	4487890	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
6	CAGGIANO	32	10	2565238	4487719	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
7	CAGGIANO	33	143	2565307	4486580	120	SG 6.6 Siemens Gamesa

---

## 4 CRITERI DI PROGETTAZIONE E SOLUZIONI DI CALCOLO

Ai fini di un corretto funzionamento di un impianto eolico e dell'ottimizzazione dei rendimenti, la fase progettuale gioca un ruolo fondamentale. Infatti, scegliere in maniera corretta la struttura dell'impianto e le caratteristiche dei suoi componenti è determinante per ottimizzare la produzione di energia, limitando i fuori servizi, e aumentare, di conseguenza, la redditività dell'investimento.

Quindi i punti fondamentali sui quali si è focalizzata l'attenzione progettuale sono stati:

- scelta delle apparecchiature idonee alle esigenze dell'impianto;
- ubicazione dell'impianto e opportuna suddivisione in sottocampi;
- dimensionamento delle apparecchiature da utilizzare in modo da ottimizzare il rapporto qualità/prezzo.

La struttura generale dell'impianto elettrico parte dalla sottostazione MT/AT e collega le cabine di smistamento che raccolgono l'energia prodotta dagli aerogeneratori secondo il seguente schema.

### **Linea 1**

Collega in entra-esce gli aerogeneratori 1, 2 e 3 con la cabina di smistamento.

### **Linea 2**

Collega in entra-esce gli aerogeneratori 7, 6, 5 e 4 con la cabina di smistamento.

### **Linea 3**

Collega la cabina di smistamento con la sottostazione Utente MT/AT.

## 4.1 DESCRIZIONE DEI CARICHI

Gli aerogeneratori scelti per l'inserimento nel parco eolico sono del tipo Siemens\_Gamesa SG 6.6 da 6.6 MW con torri in tubolare di acciaio, trasformatori delle turbine all'interno degli aerogeneratori e rotore a forma tripala ad asse orizzontale, orientazione del rotore automatica in direzione del vento con sistema di controllo di potenza.

### 4.1.1 Specifiche tecniche aerogeneratore

Le principali specifiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto sono di seguito riportate:

Technical specifications			
	SG 6.6-155	SG 6.6-170	SG 7.0-170
<b>General details</b>			
Rated power	6.6 MW		7.0 MW
IEC class	IIB (25 years lifetime) IIA (20 years lifetime) IA (25 years lifetime)	S/IIIB (25 years lifetime) IIIA (20 years lifetime)	IIA (25 years lifetime)
Flexible power rating	5.6 MW-6.6 MW	6.0 MW-6.6 MW	Up to 7.0 MW
Control	Pitch and variable speed		
<b>Rotor</b>			
Diameter	155 m	170 m	
Swept area	18,869 m <sup>2</sup>	22,697 m <sup>2</sup>	
<b>Tower</b>			
Height	90, 102.5, 107.5, 122.5, 165 and site-specific	100, 110.5, 115, 135, 145, 150, 155, 165, 185 and site-specific	115, 135, 155, 165, 185 m and site-specific
<b>Technology</b>			
Type	Geared		
<b>First prototype</b>			
Date	2021		TBD

## 4.2 CAVIDOTTO MT

I cavi unipolari per la media tensione scelti per la realizzazione dell'impianto eolico rispondono alle norme CEI 20-13. Il conduttore è in alluminio e l'isolante è costituito da polietilene reticolato XLPE rispondente alle norme CEI 20-11; tra il conduttore e l'isolante e tra l'isolante e lo schermo metallico sono applicati strati di materiale elastomerico semiconduttore: in particolare lo strato semiconduttore esterno è facilmente asportabile con o senza apporto di calore.

Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame ricotto non stagnati disposti secondo un'elica unidirezionale o a senso periodicamente invertito.

La posa in opera dei cavi è direttamente nel terreno alla profondità di variabile tra 1.2 m e 1.5 m, con temperatura del terreno pari a 20 °C e resistività termica del terreno di 1 °C m/W, come previsto dalle norme CEI 11-17, che riportano le modalità da seguire durante le operazioni di posa dei cavi, che non dovranno essere soggetti a raggi di curvatura inferiori a 1.8 m. Durante la posa dei cavi sono

assolutamente da evitare concentrazioni di sforzi di torsione e prima della messa in servizio del cavo deve essere effettuato il controllo dell'impianto, teso ad assicurare che il montaggio degli accessori sia stato eseguito a regola d'arte e che i cavi non abbiano subito deterioramenti durante la posa e

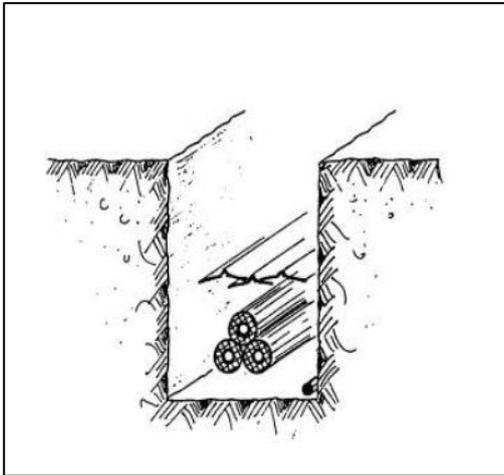


Figura 2: Posa cavidotti MT

la prova di tensione.

I giunti del cavo saranno del tipo unipolare, dritto, sezionato e consisteranno essenzialmente in un manicotto elastico prefabbricato in un unico pezzo, con funzione isolante, inglobante la schermatura della connessione. Saranno corredati di uno schermo metallico, da collegare allo schermo dei cavi, realizzato in due metà e provvisto di idonea separazione elettrica e completati con un involucro esterno di protezione, con funzione isolante ed

anticorrosiva.

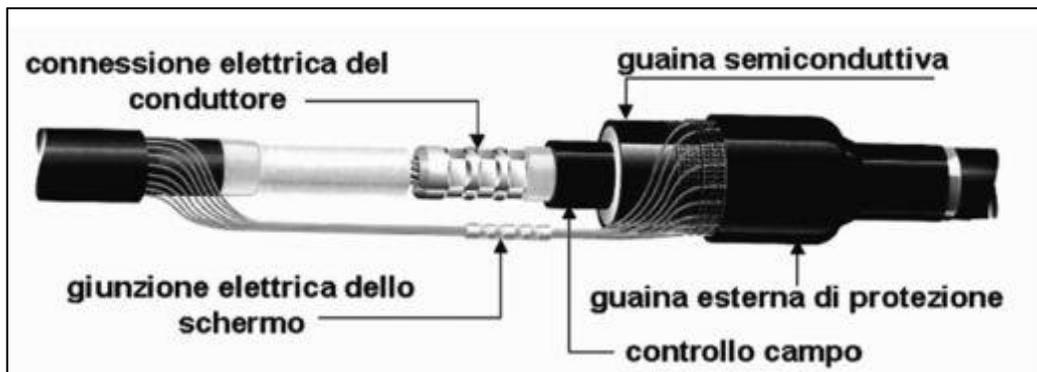


Figura 3: Giunto MT

<b>Tipo di Cavo</b>	<b>ARE4H1R 18/30 kV</b>
Conduttore	Alluminio
Isolante	Polietilene reticolato XLPE
Tensione Isolamento	18/30 kV
Circuito	RST
Temperatura Funzionamento	105 °C
Temperatura Corto Circuito	300 °C
Categoria	A
Profondità di Posa	1.5 m
Distanza Circuiti Adiacenti	7 cm o 25 cm
Tipo di Posa	Direttamente interrato in terra umida
Protezione Meccanica	Elementi rettangolari in materiale composito a matrice di resina
Codice Posa	63
Temperatura Ambiente	20 °C

---

### 4.3 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

La Norma CEI 11-17 fornisce i criteri da adottare per la progettazione, per l'esecuzione, per le verifiche e per l'esercizio delle linee di energia in cavo a corrente sia alternata sia continua.

Il campo di applicazione delle Norme CEI 11-17 è rivolto agli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica quando la tensione nominale è superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Le Norme si applicano sia agli impianti nuovi sia alle trasformazioni radicali degli impianti esistenti.

Agli effetti della Norma CEI 11-17 sono definiti i seguenti termini:

- **Portata in regime permanente:** massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.
- **Sovracorrente:** corrente, di valore superiore alla portata in regime permanente, che si presenta in caso di sovraccarico o di cortocircuito.
- **Corrente di sovraccarico:** corrente che si può verificare in seguito a condizioni anomale del carico utilizzatore (sovraccarico) o in seguito a condizioni di guasto ad alta impedenza.
- **Corrente di cortocircuito:** corrente che si può verificare in seguito ad un guasto o a un errato collegamento a impedenza trascurabile tra due punti del circuito a potenziale differente (cortocircuito).

#### 4.3.1 Dimensionamento delle condutture

Il dimensionamento di una conduttura si basa sulla seguente procedura:

- scelta del tipo di cavo;
- scelta della sezione in funzione della portata e del tipo di posa;
- verifica della sezione agli effetti della caduta di tensione ammessa.

I criteri di scelta del cavo riguardano la tensione nominale, l'ambiente d'installazione e le condizioni di posa. Per effettuare tale scelta occorre attenersi alla tabella seguente (norma CEI 11-17 § 2.1).

Caratteristiche dei sistemi trifase				Tensioni d'isolamento dei cavi da usare	
Tensione nominale [kV]	Tensione massima [kV]	Categoria	Durata massima per ogni singolo caso di funzionamento con fase a terra	Con schermo sulle singole anime $U_0$ [kV]	Senza schermo sulle singole anime $U_0/U'$ [kV]
≤ 0,3	/	B	oltre 8 h	/	0,3/0,3
0,5	/	A B	breve tempo oltre 8 h	/ /	0,3/0,5 0,45/0,75
0,75	/	A B	breve tempo oltre 8 h	/ /	0,45/0,75 0,6/1
1	/	B	oltre 8 h	0,6	0,6/1
3	3,6	B	oltre 8 h	2,3	2,3/3
6	7,2	A B	fino a 1 h fino a 8 h oltre 8 h	3,6 3,6 6	3,6/6 6/6 6/6
10	12	A B	fino a 1 h fino a 8 h oltre 8 h	6 6 8,7	6/10 8,7/10 8,7/10
15	17,5	A B	fino a 1 h fino a 8 h oltre 8 h	8,7 8,7 12	8,7/15 12/15 12/15
20	24	A B	fino a 8 h oltre 8 h	12 15	/ /
30	36	A B	fino a 8 h oltre 8 h	18 26	/ /
45	52	A B	fino a 1 h oltre 1 h	26 36	/ /

Scelta dei cavi in sistemi trifase con tensione massima fino a 52 kV

La portata di un cavo dipende dal tipo di cavo, dal suo regime di funzionamento (regime permanente, ciclico o transitorio), dalle sue condizioni d'installazione (temperatura ambiente, modalità di posa, numero dei cavi e loro raggruppamento etc...).

La portata  $I_z$  di un cavo, in una determinata condizione, si ricava con l'espressione:

$$I_z = I_0 K_1 K_2 K_3 K_4$$

dove:

$I_0$  è la portata relativa a una determinata sezione, a un certo tipo d'isolante e a un determinato modo d'installazione (temperatura del terreno pari a 20 °C, un solo circuito formato da cavi unipolari o multipolari, profondità di posa 0.8 m, resistività del terreno pari a 1.5 Km/W);

$K_1$  è il fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C;

$K_2$  è il fattore di correzione che tiene conto del numero di circuiti;

$K_3$  è il fattore di correzione nel caso di profondità di posa diversa da 0.8 m;

$K_4$  è il fattore di correzione che tiene conto di una diversa resistività termica del terreno.

La portata in regime permanente è calcolata con i metodi descritti nelle Norme CEI 20-21. Le portate di alcuni tipi di cavo nelle più comuni condizioni d'installazione sono oggetto delle tabelle CEI-UNEL 35024, 35026, 35027, 35028 e 35029.

Conoscendo la corrente nominale  $I_N$ , ricavato  $I_z$  in relazione alle condizioni di posa, temperatura e regime di funzionamento si è imposta la condizione:

$$I_N < I_z \quad (i)$$

e utilizzando le tabelle CEI-UNEL si è calcolata la sezione del cavo  $S_c$ .

Conoscendo  $I_N$ , la lunghezza della linea, la resistenza e la reattanza del conduttore, la tensione nominale, si può determinare tramite la seguente formula la caduta di tensione della linea:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \cdot I_N \cdot L$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U} 100 < 2\% \quad (ii)$$

Quindi:

- 1) si è considerata la sezione soddisfacente le condizioni (i) ed (ii);
- 2) si è moltiplicato tale valore per il coefficiente di maggiorazione in funzione del raggruppamento delle linee;
- 3) si è scelto come valore della sezione  $S_c$  della linea, quello prossimo al valore della sezione normalizzata.

Nella tabella sottostante si riportano le caratteristiche delle linee MT con le relative cadute di tensione.

DIMENSIONAMENTO LINEE - CAVIDOTTO MT INTERNO CAMPO										
ID Linea	Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza Linea	Lunghezza Cavi MT	Potenza	Sezione	Portata	Corrente	$\Delta U_n$
				[m]	[m]	[kW]	[mm <sup>2</sup> ]	[A]	[A]	[%]
Linea 1	Linea AE1_AE2	ARE4H1R 18/30 kV	1	915	2745	6600	50	152,00	133,70	0,39
	Linea AE2_AE3	ARE4H1R 18/30 kV	1	1307	3921	13200	150	281,00	267,40	0,43
	Linea AE3_CS	ARE4H1R 18/30 kV	1	1921	5763	19800	400	470,00	401,11	0,51
Linea 2	Linea AE7_AE6	ARE4H1R 18/30 kV	1	1308	3924	6600	50	152,00	113,70	0,56
	Linea AE6_AE5	ARE4H1R 18/30 kV	1	2121	6363	13200	150	281,00	267,40	0,70
	Linea AE5_AE4	ARE4H1R 18/30 kV	1	747	2241	19800	400	470,00	401,11	0,17
	Linea AE4_CS	ARE4H1R 18/30 kV	1	857	2571	26400	500	550,00	534,81	0,23
DIMENSIONAMENTO LINEE - CAVIDOTTO MT ESTERNO CAMPO										
Linea	Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza Linea	Lunghezza Cavi MT	Potenza	Sezione	Portata	Corrente	$\Delta U_n$
				[m]	[m]	[kW]	[mm <sup>2</sup> ]	[A]	[A]	[%]
Linea 3	Linea CS_SE	ARE4H1R 18/30 kV	2	6040	36240	46200	500	2x550	2x467,96	1,82

#### 4.4 VERIFICA E COORDINAMENTO DELL'IMPIANTO

Per tutti i cavi e conduttori è stata verificata, ai fini della protezione dal sovraccarico, la condizione:

$$I_B < I_N < I_z$$

dove:

---

$I_B$ : corrente di impiego, in Ampere

$I_N$ : corrente nominale del dispositivo di protezione, in Ampere

$I_Z$ : portata del cavo, in Ampere

I risultati così ottenuti, con valori di corrente d'impiego ampiamente sotto la portata dei cavi impiegati, fanno sì che non si debba accettare alcuna momentanea sovraccaricabilità del cavo, tanto più che non si è tenuto conto nei calcoli, a scopo cautelativo, della breve durata (poche ore l'anno) del funzionamento a massima potenza dell'impianto e dell'entità delle perdite di potenza dell'impianto a monte.

#### 4.5 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

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

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

Nel caso a) essi possiedono generalmente un potere d'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 del dispositivo di protezione contro cortocircuito.

Nel caso b) essi devono possedere un potere d'interruzione almeno pari alla corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono installati.

Nel caso c) essi devono sopportare e interrompere ogni corrente compresa tra il valore della loro corrente convenzionale di funzionamento e il valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono installati.

##### 4.5.1 Protezione contro le sovracorrenti

Il riscaldamento dovuto a 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.

I conduttori previsti per le linee oggetto della presente relazione tecnica presentano una portata di corrente a regime permanente molto maggiore della corrente d'impiego. Il dimensionamento delle linee è stato compiuto ponendo dei limiti alla caduta di tensione. La lunghezza delle linee ha comportato un sovradimensionamento della sezione per quanto riguarda le portate di corrente. Di conseguenza si ritiene il cavo protetto per quanto riguarda gli effetti termici giacché non sono previste sovracorrenti e giacché le caratteristiche del terreno garantiscono la giusta dissipazione termica.

Per i cavi multipolari con guaina o armatura l'attitudine dei rivestimenti (guaina, armatura, ecc.) a contenere gli effetti dinamici deve essere verificata in relazione alle correnti presunte di cortocircuito. Per i cavi unipolari, per i cavi multipolari a elica visibile e quando la corrente di circuito si richiude all'esterno del cavo, gli effetti dinamici sono assorbiti dai dispositivi di fissaggio dei cavi che devono essere conseguentemente dimensionati e distanziati.

La corrente d'impiego delle linee in esame è paragonabile alla portata di corrente garantita dal fornitore del cavo tripolare con disposizione a elica visibile. Non sono inoltre previste sovracorrenti per cui il cavo scelto si ritiene adeguato all'applicazione.

#### 4.5.2 Protezione contro il corto circuito

La protezione di corto circuito serve a verificare che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non risulti dannosa, come entità e durata, per l'isolamento.

La relazione che regola tale fenomeno, in regime adiabatico, per corto circuito di breve durata, (Norma CEI 64-8 art. 434):

$$K^2 S^2 > I_{cc}^2 t$$

dove:

S: sezione del conduttore, in mm<sup>2</sup>

I<sub>cc</sub>: corrente di cortocircuito, in A

t: durata della corrente di cortocircuito, in s

K: costante che per alluminio isolato in G7 vale 87

---

### 4.5.3 Protezioni contro i contatti diretti e indiretti

La protezione dai contatti diretti sarà effettuata prevedendo innanzitutto adeguati isolamenti per tutte le parti in tensione e racchiudendo le parti attive degli impianti e le giunzioni e morsetterie entro custodie.

Le custodie saranno in metallo o in materiale plastico non propagante la fiamma. Il grado di protezione delle custodie sarà minimo IP XXD per la sola protezione contro i contatti diretti. Si ricorda che i gradi di protezione sono cumulativi e variabili secondo il tipo d'impianto realizzato. In generale le caratteristiche ambientali impongono quasi sempre dei gradi di protezione più elevati. 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:

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

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

## 5 SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

Le scariche atmosferiche o volgarmente chiamate fulmini, sono fenomeni di scarica violenti che producono in tempi brevissimi correnti d'intensità molto elevate che possono raggiungere e superare i 200 kA.

A causa dell'enorme energia sviluppata nel breve tempo sono eventi che si possono ripercuotere con tutto il loro potenziale distruttivo sui componenti o sugli impianti e nei casi più gravi sulle persone e sugli animali.

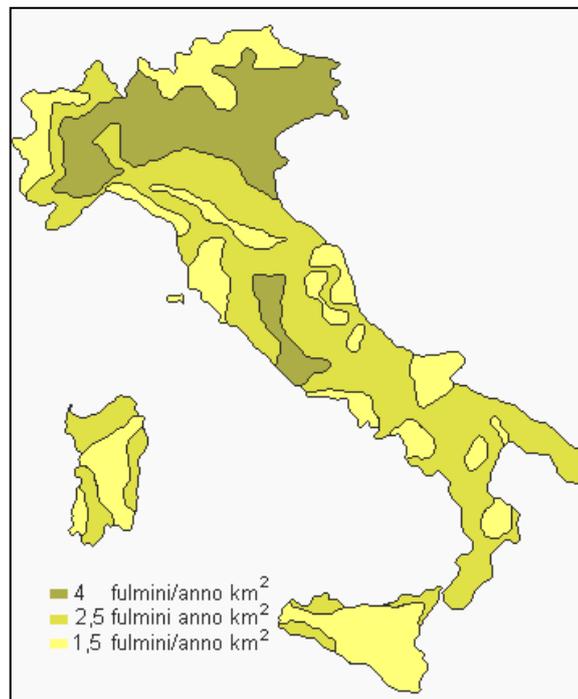


Figura 4: Valori medi della frequenza di fulminazione per unità di superficie

Per prevenire i rischi dovuti a questi fenomeni di origine naturale, si rende necessario uno studio approfondito e il rilievo dei fulmini a terra per mezzo di strumenti sensibili al campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine.

La necessità della protezione contro il fulmine di un oggetto deve essere valutata al fine di ridurre le perdite dei valori sociali e al fine di valutare se la protezione sia o no necessaria, occorre effettuare la valutazione del rischio secondo la norma CEI EN 62305-2.

La protezione contro il fulmine è necessaria se il rischio  $R$  ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) è superiore al livello di rischio tollerabile  $R_T$

$$R > R_T$$

In questo caso devono essere adottate misure di protezione al fine di ridurre il rischio R (R1, R2 e R3) al valore di rischio tollerabile RT ( $R \leq R_T$ ).

Tipo di rischio	Tipo di perdita	R <sub>T</sub> (anni <sup>-1</sup> )
R <sub>1</sub>	Perdita di vite umane o danni permanenti	10 <sup>-5</sup>
R <sub>2</sub>	Perdita di servizio pubblico	10 <sup>-3</sup>
R <sub>3</sub>	Perdita di patrimonio culturale insostituibile	10 <sup>-3</sup>
R <sub>4</sub>	Perdite economiche	Il valore di tale rischio deve essere assunto dal Committente in considerazione di proprie valutazioni economiche

La struttura da considerare comprende:

- la struttura stessa;
- gli impianti nella struttura;
- il contenuto della struttura;
- le persone nella struttura e quelle nella fascia fino a 3 m all'esterno della struttura;
- l'ambiente circostante interessato da un danno alla struttura.

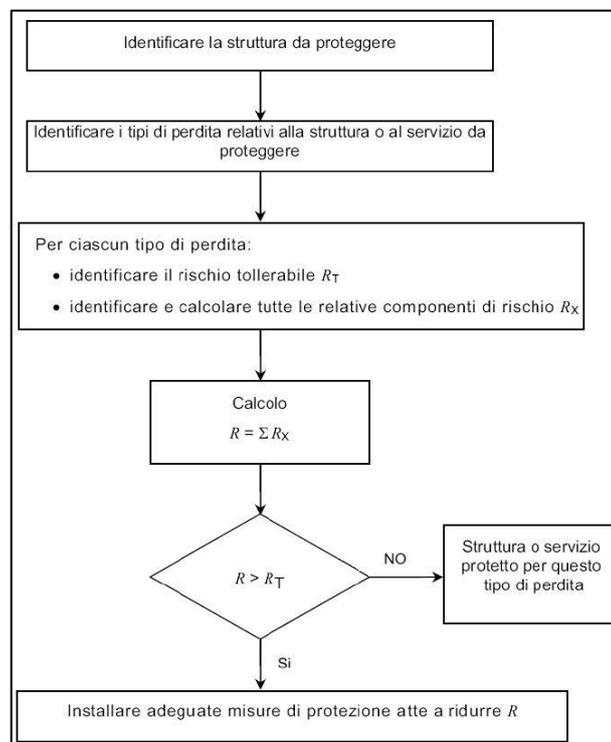
La protezione non comprende i servizi esterni connessi alla struttura.

Il rischio relativo al fulmine è scomposto dalla norma CEI 81-10 in otto componenti.

Tipo di fulminazione	Componente di rischio	Significato
Diretta della struttura	R <sub>A</sub>	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e passo all'esterno della struttura
	R <sub>B</sub>	Danni materiali dovuti a incendi ed esplosioni
	R <sub>C</sub>	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Indiretta della struttura	R <sub>M</sub>	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Diretta della linea	R <sub>U</sub>	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e passo all'esterno della struttura
	R <sub>V</sub>	Danni materiali dovuti a incendi ed esplosioni
	R <sub>W</sub>	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Indiretta della linea	R <sub>Z</sub>	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche

	Sorgenti di danno							
	Fulminazione diretta della struttura S1			Fulminazione indiretta della struttura S2	Fulminazione diretta della linea entrante S3			Fulminazione indiretta della linea entrante S4
Componente di rischio / Rischio per tipo di perdita	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>J</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
R <sub>1</sub>	X	X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	X	X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>
R <sub>2</sub>	-	X	X	X	-	X	X	X
R <sub>3</sub>	-	X	-	-	-	X	-	-
R <sub>4</sub>	X <sup>(2)</sup>	X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X	X	X

Figura 5: Componenti dei rischi



## 5.1 SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE PER GLI AEROGENERATORI

La IEC 61400-24 descrive le necessarie misure di protezione contro i fulmini per gli impianti a energia eolica. Per impianti eolici con un'altezza del mozzo fino a 60 m, occorre prevedere un sistema di protezione contro i fulmini della classe di LPS III, e con altezza del mozzo oltre 60 m della classe di LPS II.

In ottemperanza alle norme vigenti è utile suddividere la struttura in zone e per ognuna valutarne il rischio.

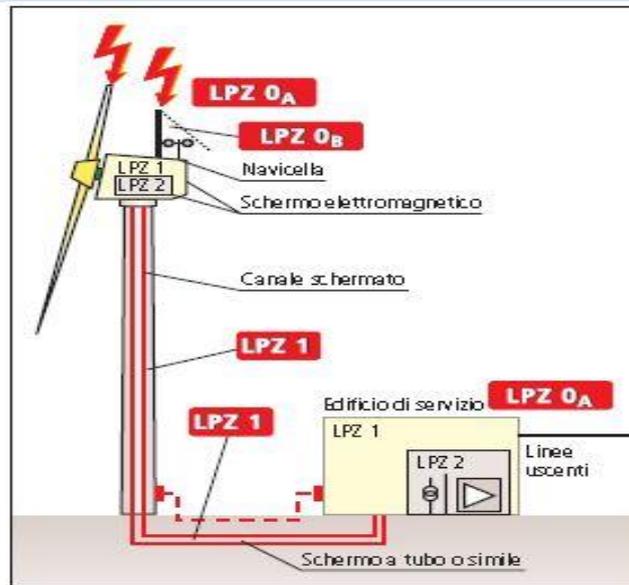


Figura 6:Zone di fulminazione per aerogeneratore

La protezione contro i fulmini esterna è costituita da dispositivi di captazione e di discesa, e da un impianto di messa a terra, e protegge dai danni meccanici e dall'incendio. Le fulminazioni su impianti a energia eolica si verificano maggiormente sulle pale dei rotori. Per questo motivo devono essere integrati dei ricettori in grado di predefinire determinati punti d'impatto. Per condurre le correnti da fulmine accoppiate verso terra in modo controllato, i ricettori nelle pale sono collegati attraverso un conduttore metallico (conduttore piatto Fe/Zn 30x3.5 mm oppure corda in rame da 50 mm<sup>2</sup>) con il mozzo. Spazzole di carbonio oppure spinterometri ponticellano poi a loro volta i cuscinetti a sfera nella testa della navicella, per evitare saldature degli elementi costruttivi rotanti. Per proteggere in caso di fulminazione le costruzioni sulla navicella, come ad esempio l'anemometro, sono montate delle aste di captazione o "gabbie di captazione".

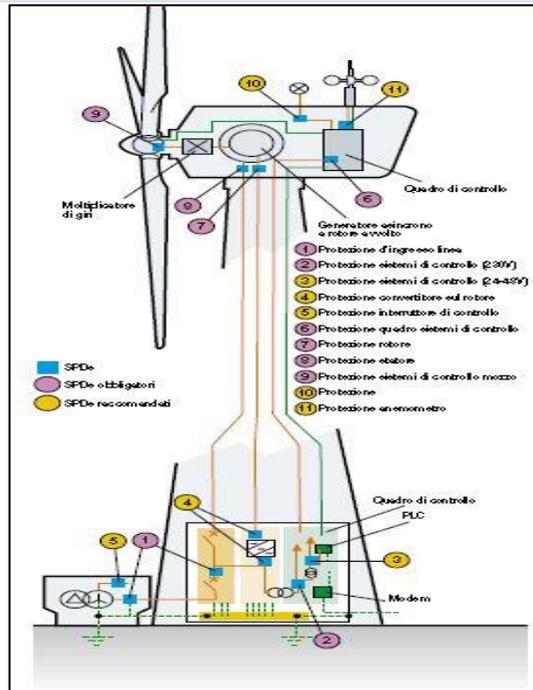


Figura 7: Sistemi di protezione da fulmine per aerogeneratori

Come calata è utilizzata la torre metallica oppure, per esecuzioni in calcestruzzo precompresso, una calata annegata nel calcestruzzo.

Per la protezione degli elementi interni all'aerogeneratore saranno impiegati dei dispositivi, SPD, in grado di scaricare senza danni delle elevate correnti da fulmine.

## 5.2 SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE PER LE CABINE DI SMISTAMENTO

Ogni cabina di smistamento sarà costituita da una struttura assemblata in sito e presenta una notevole rigidità strutturale e una grande resistenza agli agenti esterni atmosferici che la rendono adatta all'uso anche in ambienti marini o con atmosfera inquinata e aggressiva.

Le sovratensioni che possono interessare le cabine possono essere di origine sia interna (ad esempio a causa di un'apertura molto rapida di un circuito induttivo) che atmosferica (dovuta a fulminazioni dirette o indirette delle linee).

Una sovratensione si manifesta con un anormale innalzamento della tensione verso terra e/o tra le fasi rispetto al normale valore di funzionamento. La protezione delle sovratensioni di origine interna si ottiene con il coordinamento dell'isolamento o mediante dispositivi adatti per lo scopo, la protezione dalle sovratensioni di origine atmosferica mediante i cosiddetti scaricatori di sovratensioni installati sul lato MT.

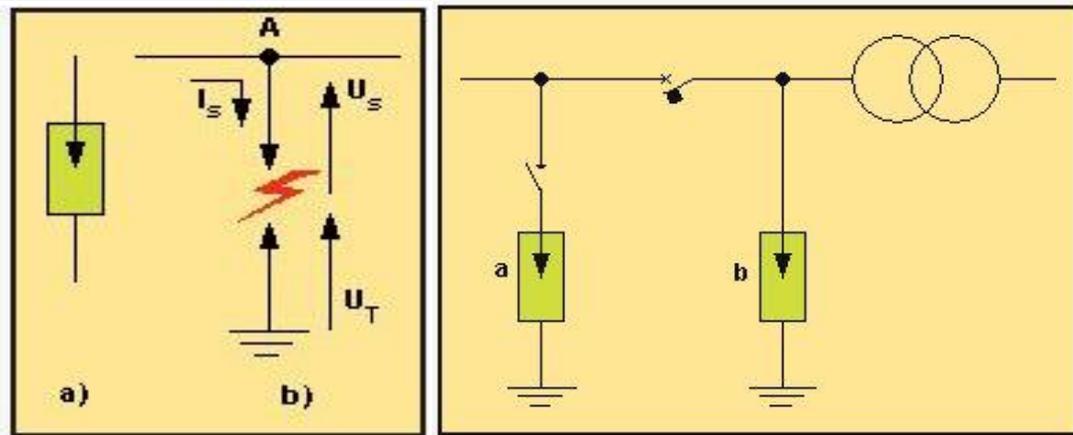


Figura 8: Funzionamento ed installazione di scaricatori

L'armatura esterna del prefabbricato è totalmente collegata elettricamente, creando così una gabbia di Faraday, tale da proteggere tutto il sistema da scariche atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti delle tensioni di passo e di contatto.

L'armatura metallica è costituita da acciaio e rete elettrosaldada tipo FeB44k ( $\text{kg/cm}^2 > 2600$ ).

---

## 6 CABINE DI SMISTAMENTO A 30 KV

Le cabine di smistamento saranno installate proporzionata per un impianto a 30 kV e saranno dettagliatamente descritte nella documentazione di progetto.

### 6.1 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

La cabina di smistamento ricade nel Comune di Caggiano (SA) e il livello dei basamenti relativi alle attrezzature della cabina sarà abbassato di circa 1.0 m rispetto al piano campagna come si può evincere dalla documentazione di progetto.

Il manufatto sarà costituito da una struttura assemblata in sito e presenta una notevole rigidità strutturale e una grande resistenza agli agenti esterni atmosferici che lo rendono adatto all'uso anche in ambienti marini o con atmosfera inquinata e aggressiva.

### 6.2 QUADRO MT

Ogni cabina sarà equipaggiata con quadri MT protetti a 36 kV.

#### Dati Generali

Tipo di Quadro:	IP30
Versione:	Completa
Imballo:	Domestico

#### Dati Elettrici

Tensione nominale:	36 kV
Tensione di prova a frequenza industriale:	70 kVrms
Tensione di tenuta a impulso (1.2/50 micro-sec. onda):	145 kV picco
Tensione di servizio:	36 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Corrente nominale delle sbarre principali:	1250 A
Corrente nominale di breve durata:	16 kA rms
Durata:	1s

---

Corrente di cresta: 40 kA picco

**Tensioni ausiliarie e cablaggi**

Resistenza anticondensa: Si

Illuminazione interna della cella strumenti: No

Tensione ausiliaria di segnalazione e controllo: 220V<sub>AC</sub>50

Tensione ausiliaria motore carica molle interruttori: 220V<sub>AC</sub>50

Tensione ausiliaria circuiti anticondensa: 220V<sub>AC</sub>50

Sezione dei circuiti voltmetrici e di controllo: 2.5 mm<sup>2</sup>

Sezione dei circuiti amperometrici: 6 mm<sup>2</sup>

Tipologia cavi dei circuiti ausiliari: Standard

---

## 7 COLLEGAMENTI E STRUTTURE METALLICHE

### 7.1 CONDUTTORI, MORSE E COLLEGAMENTI AT

Le connessioni tra le varie apparecchiature AT a partire dal sezionatore di ingresso zona utente fino agli isolatori passanti AT del trasformatore di potenza saranno realizzate con conduttori in lega di alluminio dei seguenti tipi:

- tubo P – Al Mg Si UNI 3569-66 diametro 40x5 mm;
- corda in alluminio acciaio.

Le giunzioni lungo il sistema di sbarre dovranno consentire le normali espansioni e contrazioni dei tubi, previste con il variare della temperatura; i morsetti destinati allo scopo non dovranno trasmettere, durante le oscillazioni dei tubi, alcun momento sugli isolatori portanti del sistema di sbarre.

La morsetteria utilizzata sarà di tipo monometallico in lega di alluminio a profilo antieffluvio con serraggio a bulloni in acciaio inox. Nell'accoppiamento eventuale alluminio-rame si utilizzerà pasta antiossidante per impedire la corrosione galvanica tra i due metalli.

Gli isolatori utilizzati per le sbarre e per le colonne portanti saranno realizzati in conformità alle Norme CEI 36-12 e CEI EN 60168.

### 7.2 STRUTTURE METALLICHE

Le strutture metalliche previste sono di tipo tubolare dimensionati in accordo al DPR 1062 del 21/06/1968.

La zincatura a fuoco sarà eseguita nel rispetto delle indicazioni della norma CEI 7-6 fasc. 239, qualora durante il montaggio, la zincatura fosse asportata o graffiata, si provvederà al ripristino della stessa mediante applicazione di vernici zincati a freddo.

### 7.3 COLLEGAMENTI AUSILIARI

Per i collegamenti ausiliari si utilizzeranno cavi multipolari con conduttori in corda flessibile in rame isolato in PVC sotto guaina FG16, tipo FG16OR 0.6/1 kV, in ottemperanza alle norme CEI 20-22 II,

con sezione minima pari a 2.5 mm<sup>2</sup>. Per il collegamento lato secondario certificato UTF dei trasformatori di corrente la sezione minima dei cavi impiegati dovrà essere almeno pari a 4 mm<sup>2</sup>.

#### 7.4 RETE TELEMATICA DI MONITORAGGIO INTERNA PER IL CONTROLLO DELL'IMPIANTO MEDIANTE TRASMISSIONE DATI VIA MODEM

In fase di esercizio è previsto un sistema di gestione che tende ad ottimizzare la produzione e migliorare le performance dell'impianto.

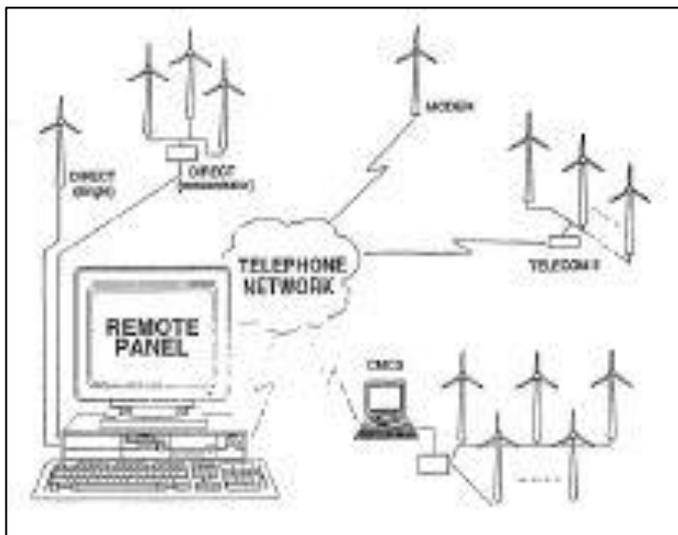


Figura 9: Schema rete telematica di controllo

migliorare le performance dell'impianto.

Fondamentale risulta l'utilizzo dei sistemi SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), ovvero dei sistemi di controllo, supervisione e acquisizione dati degli aerogeneratori. Solitamente le case costruttrici gestiscono tali sistemi offrendo una gamma di funzioni di monitoraggio e supervisione dei parchi eolici, così come avviene per le tradizionali centrali elettriche.

Un server centrale gestisce la raccolta, la conservazione e l'elaborazione intelligente dei dati provenienti dall'intero parco eolico. Una piattaforma permette lo scambio di dati con unità esterne come le stazioni meteorologiche e altri sistemi di monitoraggio. Il Power Plant Controller è un sistema che fornisce adeguata regolazione dell'energia, power ramping e controllo del voltaggio permettendo di ottimizzare i livelli di produzione e monitoraggio, nonché di emettere rapporti dettagliati.

Il cavo di controllo sarà costituito da:

- una fibra ottica del tipo MM 62.5/125 multimode optical fibre per una lunghezza totale pari a tutta la rete MT interna al parco per il collegamento tra i vari aerogeneratori e la cabina di smistamento;
- una fibra ottica del tipo SM 9/125 singlemode optical fibre per una lunghezza totale pari a tutta la rete MT esterna al parco dalla cabina di smistamento alla sottostazione MT/AT.

Le fibre ottiche sono filamenti di materiali vetrosi o polimerici, realizzati in modo da poter condurre la luce. Sono normalmente disponibili sotto forma di cavi, sono flessibili, immuni ai disturbi elettrici e alle condizioni atmosferiche estreme, e poco sensibili a variazioni di temperatura e permettono di convogliare al loro interno un campo elettromagnetico di frequenza sufficientemente alta, in genere in prossimità dell'infrarosso, con perdite estremamente limitate. Sono comunemente impiegate nelle telecomunicazioni anche su grandi distanze e nella fornitura di accessi di rete a larga banda. Ogni singola fibra ottica è composta di due strati concentrici di materiale trasparente estremamente puro: un nucleo cilindrico centrale, o core, e un mantello o cladding attorno ad esso. Il core presenta un diametro molto piccolo di circa 10  $\mu\text{m}$  per le monomodali e 50  $\mu\text{m}$  per le multimodali, mentre il cladding ha un diametro di circa 125  $\mu\text{m}$ . I due strati sono realizzati da materiali con indice di rifrazione leggermente diverso, il cladding deve avere un indice di rifrazione minore (tipicamente di 1.475) rispetto al core (di circa 1.5).

All'esterno della fibra vi è una guaina protettiva polimerica detta jacket che serve a dare resistenza agli stress fisici e alla corrosione ed evitare il contatto fra la fibra e l'ambiente esterno.

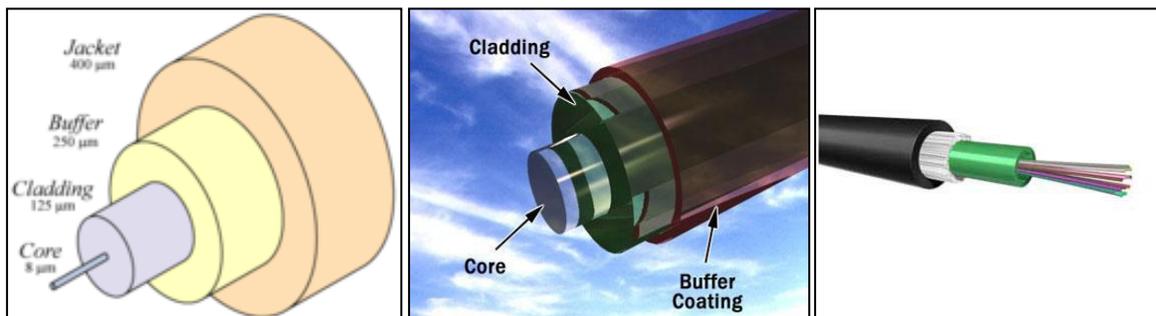


Figura 10: Fibre ottiche

Le fibre ottiche si distinguono per diametro del core, indici di rifrazione, caratteristiche del materiale, profilo di transizione dell'indice di rifrazione e drogaggio, (aggiunta di piccole quantità di altri materiali per modificare le caratteristiche ottiche).

Il cavo ottico sarà posato entro un tubo corrugato  $\Phi 50$  mm in PVC nella trincea dei cavi MT. Nella sottostazione MT/AT saranno installati due cassette rack da 19" da 24 fibre mentre ogni cabina di smistamento sarà provvista di un box in materiale plastico dove verranno attestate le fibre ottiche entranti e la bretella di connessione con l'apparecchiatura di conversione ottica fornita dal costruttore delle macchine eoliche. Il box sarà provvisto di bussole di tipo ST.

---

## 8 IMPIANTO GENERALE DI TERRA

### 8.1 GENERALITÀ

L'impianto di terra costituisce fondamentalmente un mezzo per disperdere correnti elettriche nel terreno e per proteggere, unitamente ai dispositivi d'interruzione automatica del circuito, le persone dal pericolo di elettrocuzione. Un buon impianto di terra, associato a uso corretto dei collegamenti equipotenziali, rappresenta una delle soluzioni più utilizzate per raggiungere il miglior livello di sicurezza. Un impianto di terra, a seconda della funzione che deve assolvere, può distinguersi in:

- messa a terra di protezione, che è una misura atta a proteggere le persone dai contatti diretti;
- messa a terra di funzionamento, che ha lo scopo di stabilire un collegamento a terra di particolari punti del circuito elettrico per esigenze di esercizio, come la messa a terra del neutro nei sistemi TT e TN;
- messa a terra per lavori, che collega a terra temporaneamente una sezione d'impianto per esigenze di manutenzione.

È utile ricordare che l'importanza dell'impianto di terra, in relazione alle problematiche legate alla sicurezza, è sottolineata anche da leggi e normative specifiche riguardanti la sicurezza nei luoghi di lavoro.

Un impianto di terra è dimensionato e costruito in modo tale che le tensioni di contatto in tutti i punti dell'impianto dovuto a un guasto verso terra sulla media tensione siano non superiori ai valori della tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$ , in relazione al tempo di eliminazione del guasto. A loro volta le tensioni di passo generate dal guasto devono essere non superiori ai valori ammissibili, pari a  $3U_{TP}$ .

Poiché per la determinazione della resistenza di terra che, in sede di progetto, dovrà presentare l'impianto è più comodo far riferimento alla tensione di terra anziché a quelle di contatto e di passo, si può procedere nel modo seguente:

- si considera come valore di riferimento quella totale di terra  $U_E$ , il cui valore non è certamente inferiore a quello della tensione di contatto;

- si impone la condizione  $U_E \leq U_{TP}$ ;
- essendo  $U_E = R_E I_E$  si ricava  $R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_E}$ ;
- se non è noto il valore della corrente di terra  $I_E$  si fa riferimento al valore della corrente di guasto a terra  $I_G$  comunicato dalla società elettrofornitrice o ricavato attraverso delle formule. Tale valore essendo maggiore di  $I_E$ , fornisce un valore della  $R_E$  maggiormente cautelativo per la sicurezza, pertanto si ha:  $R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_G}$

## 8.2 DISPERSORI

Il dispersore è un elemento o un insieme di elementi metallici a contatto col terreno atto a disperdere le correnti di guasto. Deve essere dimensionato e scelto in funzione dei seguenti criteri:

- resistenza meccanica adeguata a evitare eventuali danneggiamenti dovuti alle sollecitazioni in fase di installazione o agli assestamenti del terreno;
- collegamenti che garantiscano nel tempo una buona continuità elettrica tra le varie parti del dispersore;
- resistenza alla corrosione chimica del terreno e non aggressività nei confronti di altre strutture metalliche interrate alle quali il dispersore è collegato elettricamente;
- sezione adeguata a sopportare senza danni le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche dovute alle correnti di guasto verso terra.

La norma CEI 64-8/5 stabilisce le dimensioni minime per i dispersori intenzionali al fine di assicurare una sufficiente resistenza alle sollecitazioni meccaniche e alla corrosione.

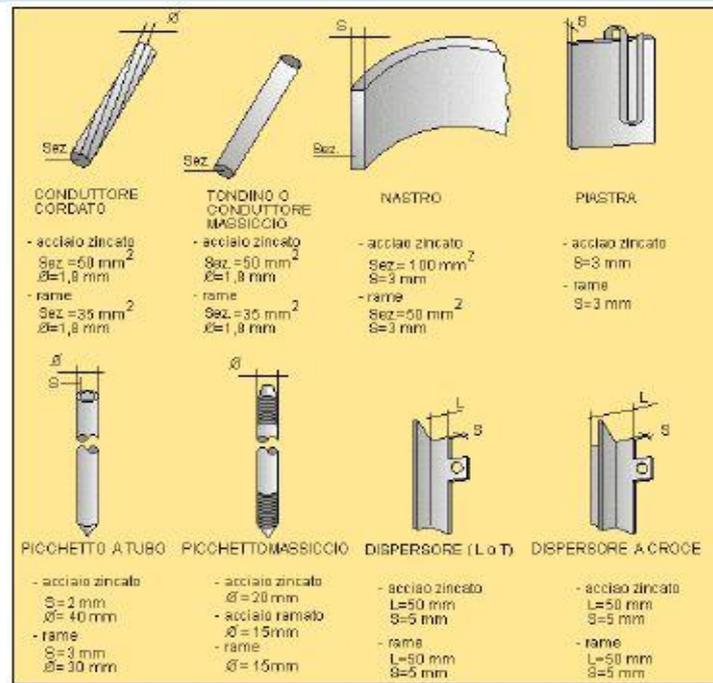


Figura 11: Dispersori tipici

### 8.2.1 Dimensioni minime e materiali degli elementi dispersori

Le Norme raccomandano, per gli impianti di I, II e III categoria, quando il terreno presenta caratteristiche non particolarmente aggressive, delle dimensioni minime tabellate. Per gli impianti di I categoria queste dimensioni risultano generalmente sufficienti, non sempre invece lo sono per gli impianti di II e di III categoria. In questo caso le Norme prescrivono la verifica di ogni elemento utilizzato come dispersore applicando la classica formula:

$$S = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

dove:

I è la quota parte (in ampere) della corrente di terra che percorre l'elemento del dispersore;

t = durata della corrente di guasto, in s

K = 226 Amm-2s<sup>1/2</sup> (rame)

β = 234.5 °C (rame)

θ<sub>i</sub>, θ<sub>f</sub> = temperatura iniziale e finale in °C del dispersore assunta in genere pari rispettivamente a 20 °C e 300 °C.

---

## 9 INTERFERENZE E ATTRAVERSAMENTI

### 9.1 ATTRAVERSAMENTI STRADALI

Nei lavori di scavo saranno limitati al massimo i danni alla pavimentazione per l'uso di: fresatrici, dischi, escavatori, automezzi. Il materiale di scavo sarà allontanato e se possibile utilizzato per il rinterro. Nel caso di fughe d'acqua che abbiano interessato ampie zone del sottofondo stradale, si procederà al risanamento mediante l'uso di materiali aridi e asciutti di tutta la zona interessata.

I lavori di scavo e di ripristino saranno eseguiti a regola d'arte e in modo da non intralciare il traffico veicolare e pedonale con sgombero sollecito e completo del materiale di scavo. I depositi su strada e i relativi cantieri saranno segnalati secondo i disposti di cui all'art. 21 del Codice della Strada d.lgs. 30.04.1992 n. 285 e articoli dal 30 al 43 del relativo Regolamento di esecuzione e di attuazione D.P.R. 16.12.1992 n. 495, rispettando inoltre tutte le norme di sicurezza vigenti.

Prima di iniziare lo scavo della pavimentazione delle strade saranno presi accordi con le Società Competenti, per evitare danni agli impianti.

Nel caso di ripristini di scavi trasversali, il ripristino del tappeto di usura si estenderà per due metri per parte rispetto allo scavo, previa fresatura. Se sono eseguiti ripetuti scavi trasversali a distanza inferiore o uguale a 10 m, sarà eseguito il rifacimento completo di tutta la pavimentazione della strada interessata mediante ripristino del tappeto di usura, previa fresatura.

A opere ultimate la parte superiore della zona ripristinata sarà pari alla pavimentazione della strada esistente senza bombature, avvallamenti, slabbrature; non deve essere impedito il regolare deflusso delle acque meteoriche, non devono risultare ristagni d'acqua.

Pozzetti, caditoie, chiusini e quant'altro devono essere riposizionate in quota.

Prima del ripristino delle condizioni di transitabilità la ditta esecutrice deve provvedere al riposizionamento della segnaletica stradale verticale e successivamente anche al rifacimento di quella orizzontale eventualmente danneggiata.

Le zone interessate agli scavi saranno mantenute costantemente pulite da materiali di risulta.

---

## **9.2 INTERFERENZA CAVIDOTTO INTERRATO CON LINEE DI ENERGIA, TELECOMUNICAZIONI E CONDUTTURE INTERRATE**

Lo scavo per la posa in opera del cavidotto interrato è effettuato con mezzi meccanici ma durante il cammino è inevitabile incontrare ostacoli da risolvere tecnicamente secondo prescrizioni di legge e norme che regolano le interferenze in parallelo e ortogonali agli impianti telefonici, idrici, metanodotti, ferrovie, etc...., esistenti.

### **9.2.1 Parallelismi e incroci fra cavi elettrici**

Nel caso di parallelismo i cavi aventi la stessa tensione nominale, saranno posati alla stessa profondità utilizzando tubazioni distinte, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro. Tali prescrizioni valgono anche per incroci di cavi aventi uguale o diversa tensione nominale.

Nel caso di incroci, la distanza fra i due cavi non sarà inferiore a 30 cm ed inoltre il cavo posto superiormente sarà protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi.

### **9.2.2 Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione**

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione, i cavi di energia saranno posati alla maggior e possibile distanza, e quando vengono posati lungo la stessa strada si dislocheranno possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, i cavi saranno posati in vicinanza, mantenendo fra i due cavi una distanza minima non inferiore a 30 cm.

- Qualora detta distanza non possa essere rispettata, verrà applicata sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:
- cassetta metallica con zincatura a caldo;
- tubazioni in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI.

I predetti dispositivi saranno omessi sul cavo posto alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 15 cm.

---

### 9.2.3 Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche

La distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrato, adibite al trasporto e alla distribuzione dei fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi sarà non inferiore a 30 cm.

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

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrato non verrà effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse.

### 9.2.4 Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

Nel caso di parallelismo e incrocio fra cavi elettrici e tubazioni per il trasporto del gas naturale si applicano, ove non in contrasto con il D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, distribuzione e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0.8", le prescrizioni viste al paragrafo precedente.

---

## **10 OPERE ELETTRICHE DA REALIZZARE PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO EOLICO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN)**

Nell'ultimo piano di sviluppo di Terna sono inclusi interventi atti a favorire la produzione degli impianti alimentati dalle fonti rinnovabili situati nel Sud Italia. In particolare sono previsti rinforzi della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) finalizzati a migliorare la dispacciabilità degli impianti esistenti e a consentire la connessione di ulteriori impianti futuri.

In correlazione allo sviluppo del parco eolico e quindi al fine di raccogliere la produzione di diversi impianti di generazione siti nella zona, è prevista la realizzazione di una nuova stazione elettrica di trasformazione RTN 150/150 kV, da inserire in entra - esce sull'elettrodotto della RTN 150 kV "CP Sala Consilina – CP Polla – SE Tanagro".

Inoltre per il collegamento dell'impianto eolico alla RTN è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- sottostazione 30/150 kV nel Comune di Polla (PZ) di proprietà della società proponente il presente progetto;
- elettrodotto interrato 150 kV che collega la sottostazione Utente 30/150 kV alla futura stazione RTN 150/150 kV.

**Si fa notare che vi è la possibilità di chiedere un riesame della pratica adducendo come motivazione la richiesta di connessione al nuovo standard TERNA di collegamento a 36 kV.**

### **10.1 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 30/150 KV**

L'impianto sarà allacciato alla rete elettrica nazionale mediante collegamento in antenna a 150 kV su uno stallo di una futura Stazione Elettrica. Il punto in cui l'impianto viene collegato alla rete elettrica viene definito normativamente "punto di connessione" ed è il punto in cui termina l'impianto dell'utente ed inizia l'impianto di rete. Nel caso in questione coincide con la stazione elettrica di utenza/trasformazione 30/150 kV. La stazione elettrica di utenza va quindi a formare anche l'interfaccia tra l'impianto di utenza e quello di rete.

La sottostazione di utenza è collegata all'impianto eolico mediante un cavidotto interrato in MT e consente di innalzare la tensione da 30 kV a 150 kV per il successivo collegamento alla rete elettrica nazionale tramite il nuovo stallo della futura SE.

Presso la stazione di utenza, verranno installati anche tutti i dispositivi di regolazione e controllo dell'energia immessa sulla rete e anche i sistemi di protezione degli impianti elettrici. L'intero impianto con le apparecchiature installate risponderanno a quanto stabilito dalle Norme CEI generali (11-1) e specifiche.

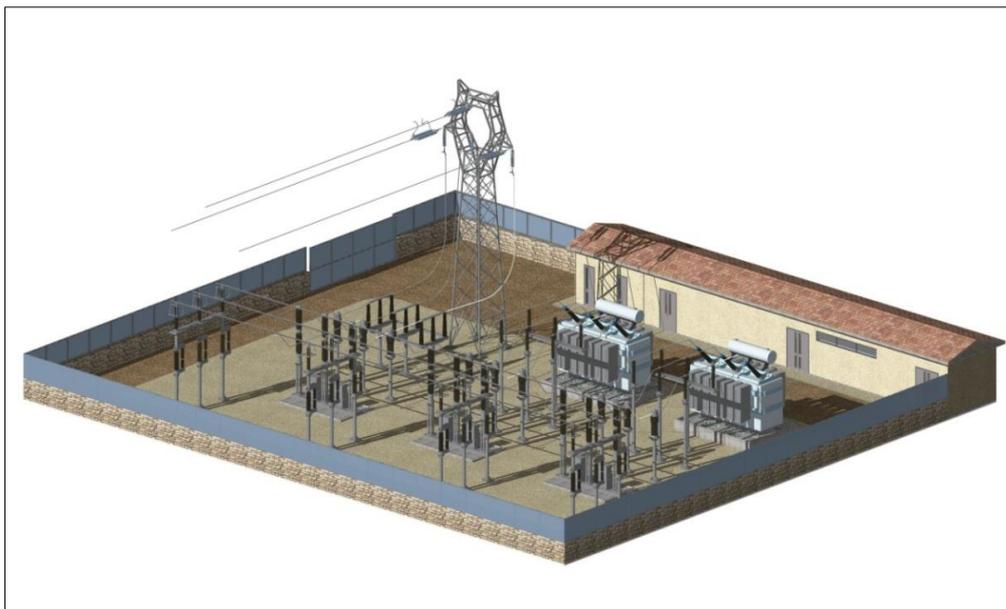


Figura 12: Tipica sottostazione MT/AT

## 10.2 UBICAZIONE DELL'OPERA

La nuova sottostazione 30/150 kV potrebbe essere ubicata nel Comune di Polla (CT) nei pressi della linea a 150 kV "CP Sala Consilina – CP Polla – SE Tanagro" e interesserà un'area di circa 52x70 m che verrà interamente recintata e sarà accessibile tramite un cancello carrabile largo 7.0 m di tipo scorrevole posto in collegamento con viabilità di parco.

Per quanto riguarda i criteri progettuali adottati per la redazione del progetto della sottostazione 30/150 kV si seguiranno le specifiche tecniche emanate dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna S.p.A.) - "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

Per il dimensionamento della rete di terra, saranno seguite le prescrizioni della Norma CEI 99-2 e CEI 99-3.

### 10.3 CARATTERISTICHE DELLA PARTE DI POTENZA

La nuova sottostazione sarà composta di una sezione a 150 kV e da tre sezioni a 30 kV.

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n. 1 sistema a semplice sbarra;
- n. 1 stallo primario trasformatore (TR);

I macchinari previsti consistono in:

- n. 3 TR 150/30 kV provvisti di variatore di tensione sotto-carico, con raffreddamento tipo ONAN.

Il montante linea o stallo linea sarà equipaggiato con:

- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra;
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno a ossido di zinco tipo completi di contascariche;
- n. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6 equipaggiato con un comando a molla;
- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, verticale;
- n. 1 terna di trasformatori di corrente, unipolari isolati in gas SF6 con tre secondari (misure e protezioni).

Ogni montante trasformatore o stallo TR sarà equipaggiato con:

- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra;
- n. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6 equipaggiato con un comando a molla;
- n. 1 terna di trasformatori di corrente, unipolari isolati in gas SF6 con quattro secondari (misure e protezioni);
- n. 1 terna di trasformatori di tensione induttivi per esterno, per misure fiscali (classe 0.2);

- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno a ossido di zinco tipo completi di contascariche;
- n. 1 trasformatore trifase di potenza 150/20(30) kV, 50 MVA, ONAN/ONAF, gruppo vettoriale YNd11, provvisto di commutatore sotto carico lato AT.

La massima altezza delle parti d'impianto sarà di 12 m.

#### 10.4 CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE

Le apparecchiature installate, (e tutto l'impianto), saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (11-1/1999) e specifiche. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

##### Macchinario

Il macchinario principale è costituito da n. 1 trasformatore 150/30 kV le cui caratteristiche principali sono:

- Potenza nominale 50 MVA
- Tensione nominale 15/30 kV
- $V_{cc}\%$  12%
- Commutatore sotto carico variazione del  $\pm 10\% V_n$  con +5 e -5 gradini
- Raffreddamento ONAN/ONAF
- Gruppo Ynd11
- Potenza sonora 95 db (A)

Tensioni nominali (a vuoto)

- AT: 150 kV
- MT: 30 kV
- Regolazione sotto carico su AT:  $\pm 10 \times 1.25\%$

Il trasformatore sarà provvisto dei seguenti accessori:

- valvola di sovrappressione con contatti ausiliari;
- termometro olio con contatti ausiliari;
- indicatore di livello olio con contatti ausiliari;
- n. 2 Silicagel;

- relè Buchholz con contatti ausiliari;
- motoventilatori;
- termostato per controllo motoventilatori;
- pannello di controllo motoventilatori;
- targa con indicazione dati nominali;
- valvole di drenaggio;
- cassetta per morsettiere IP55;
- golfari di sollevamento;
- due terminali di terra.

La cassa del trasformatore sarà rivestita con vernice epossidica poliuretanica RAL 7031 di spessore 120 µm.

### **Apparecchiature sezione AT**

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione a ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni. Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

Tensione massima sezione 150 kV	170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Sbarre 150 kV	2000 A
Stallo linea 150 kV	2000 A
Stallo TR 150 kV	2000 A
Potere d'interruzione interruttori 150 kV	31.5 kA
Corrente di breve durata 150 kV	80 kA
Condizioni ambientali limite	-25/+40 °C
Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:	
Elementi 150 kV	56 g/l

<b>13. Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150 kV con lame di messa a terra</b>	
GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV, A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

<b>31. Scaricatori per tensione nominale a 150 kV</b>	
GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	108
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	3
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	40

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

<b>35. Isolatore passante per esterno a tensione nominale a 150 kV</b>			
Tipo		A condensatore	
Tipo di isolamento		Ved. par.6.1 doc. INEPI01031	
Applicazione		per Autotrasform. RTN (DOC. INEPI01012)	
Frequenza nominale		Hz 50	
Tensione massima di fase terra		kV 170/√3	
Tensione di tenuta sotto pioggia e a secco a frequenza di esercizio		kV 325	
Tensione di tenuta a secco ad impulso atmosferico		kV 750	
Prova di tensione nominale di lunga durata indotta (FILD) per l'ATR		kV Ved. doc. INEPI01013	
Corrente nominale		A 800	1250
Corrente termica nominale di breve durata	Valore efficace della componente simmetrica kA	20	31
	Valore di cresta del primo picco kA	51	80
Durata ammissibile di corrente termica nominale di breve durata		s. 2	
Carico di prova alla flessione(**)		N 4000 (**)	
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV		g/l Da 14 a 56 (**)	
Temperatura massima olio di immersione dell'ATR		°C 115	
Angolo di montaggio rispetto alla verticale		< 30°	
Temperatura SF6			
Massima °C		70	
Media giornaliera °C		40	
Pressione SF6			
Minima kPa		310	
Massima kPa		750	

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati  
(\*\*)Valori in base al livello II, Tab.1 Norma CEI EN 60137 (per gli isolatori passanti olio-olio/olio-SF<sub>6</sub> è sufficiente fare riferimento al livello I); il Costruttore dovrà concordare con il proprietario anche i valori di momento flettente da applicare sulla flangia degli isolatori olio-olio/olio-SF<sub>6</sub>.

<b>41. Condensatori per batterie a tensione nominale 132 – 150 kV</b>		
Tipo		Statico monofase per esterno
Classe di temperatura		-25 A
Frequenza nominale (Hz)		50
Tensione nominale del condensatore elementare (kV)		A scelta del costruttore
Potenza del condensatore elementare (kVar)		A scelta del costruttore
Livello di isolamento del condensatore elementare (*)		
Tensione nominale di tenuta di breve durata a frequenza industriale (kV)		Ved. par. 18 della Norma CEI EN 60871-1
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV cresta)		Ved. par. 18 della Norma CEI EN 60871-1
Livello di isolamento per la batteria completa (**)		
Tensione massima del sistema (kV)		145 kV      170 kV
Tensione nominale di tenuta di breve durata a frequenza industriale (kV)		275      325
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV cresta)		omissis      omissis
Montaggio		Verticale o orizzontale
Dielettrico		A scelta del costruttore
Tangente dell'angolo di perdita tra le armature (dopo stabilizzazione in ambiente a 75°C)		Da concordare tra costruttore e acquirente
Dispositivo di scarica		Vale quanto indicato al par. 21 della Norma CEI EN 60871-1 .
Tensione di perforazione		Da concordare tra costruttore e acquirente

(\*) Per il livello di isolamento degli isolatori vale quanto indicato al par. 18.2.1. della Norma CEI EN 60871-1.

## **Apparecchiature sezione MT**

### *Quadro MT*

Il quadro di media tensione sarà con involucro metallico, adatto per installazioni all'interno. Gli

---

scomparti delle unità sono fra loro segregati e le parti in tensione sono isolate in aria. Il quadro è altamente modulare, quindi permette di scegliere le unità da affiancare in modo da soddisfare qualsiasi tipo di applicazione. Le unità funzionali del quadro sono garantite a tenuta d'arco interno in conformità alle norme IEC 62271-200. Tutte le operazioni di messa in servizio, manutenzione ed esercizio possono essere eseguite dal fronte. Gli apparecchi di manovra e i sezionatori di terra sono manovrabili dal fronte a porta chiusa.

Il quadro MT a 36 kV sarà costituito da:

- n. 3 celle di partenza per il campo eolico composte da:
  - o sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
  - o interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
  - o relè di protezione 50-51-67N-57N;
  - o n. 2 TA toroidali 300/5 + n. 1 toroide omopolare;
  - o terna di derivatori capacitivi in ingresso;
  - o barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
  - o sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 cella di arrivo da sottostazione composte da:
  - o sezionatore rotativo IMS 36kV 630A 20 kA;
  - o barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
  - o sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 1 cella protezione trafo SA composta da:
  - o sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
  - o interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
  - o relè di protezione 50-51-51N;
  - o n. 1 TA toroidali 75/5 + n. 1 toroide omopolare;
  - o terna di derivatori capacitivi in ingresso;
  - o barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
  - o sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 scomparto TV composto da:

- sezionatore rotativo 24kV 400A 16 kA (1)
- barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella
- sistema sbarre 30x10 mm, con n.3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 2 TV fase-fase 30/0,1kV;

Nella cabina saranno previsti:

- un vano trafo SA costituito da:
  - trafo 100 kVA ermetico in olio 30/0.4 kV;
- un vano BT costituito da:
  - n. 1 quadro SA, CC e CA con periferica.

Il quadro MT avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

- Tipo di Quadro:	IP30
- Tensione nominale:	36 kV
- Tensione di prova a frequenza industriale:	70 kVrms
- Tensione di tenuta a impulso (1.2/50 micro-sec. onda):	170 kV picco
- Tensione di servizio:	36 kV
- Frequenza nominale:	50 Hz
- Corrente nominale delle sbarre principali:	1000 A
- Corrente nominale di breve durata:	20 kA rms
- Durata:	1 s
- Corrente di cresta:	40 kA picco

### **Apparecchiature sezione BT**

*Trasformatore MT/BT servizi ausiliari*

È prevista la fornitura di un trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari con le seguenti caratteristiche:

- Tipo:	MACE 150 kVA
- Metodo di raffreddamento:	ONAN
- Potenza nominale:	150 kVA

---

- Tensioni nominali (a vuoto):	30 kV – 0.40 kV
- Collegamento fasi:	Triangolo (MT) – Stella (BT)
- Vcc%	6%

#### *Sistema di distribuzione CA/CC*

Il sistema di distribuzione sarà da un quadro elettrico composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- raddrizzatore/caricabatterie a due rami con le seguenti caratteristiche:
  - tensione ingresso 230 V;
  - tensione uscita 110 V;
  - stabilità tensione  $\pm 1\%$
- pannello di distribuzione CA e CC;
- n. 9 batterie ermetiche di accumulatori al piombo 12 V 40 A/h

#### *Servizi ausiliari*

Il quadro servizi ausiliari sarà composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- sistema periferico di controllo;
- interruttori, contattori, strumenti di misura e accessori come da schema elettrico.

#### *Impianto elettrico e di illuminazione*

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, è realizzato con cavo unipolare FG7(O)R, con tubo in materiale isolante a vista e consente la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina.

In particolare, si avrà:

- plafoniere stagne 2x36 W equipaggiate con lampade del tipo a basso consumo energetico;
- lampade di emergenza da 18 W tipo SE, autonomia 2 ore;
- prese 10/16 A;
- prese shuko;
- interruttori unipolari da 10 A;

- 
- impianto antintrusione;
  - impianto rilevazione incendio

#### *Cavi elettrici*

I cavi elettrici MT saranno posati per i collegamenti tra il campo eolico e le celle MT e per il trasformatore ausiliario.

Le caratteristiche del cavo unipolare saranno le seguenti:

- tipo RG7H1R 18/30 KV;
- sezioni adeguate ai carichi;
- conduttore in corda di fili di rame;
- isolamento in EPR oppure XLPE;
- schermo semiconduttore sulla superficie esterna dell'isolante;
- schermo metallico in fili di rame;
- guaina protettiva esterna in PVC.

I terminali cavo proposti saranno del tipo autorestringente/termorestringente (quadro MT e trasformatori di distribuzione S.A.), di tipo sconnettibile ove necessario.

I cavi BT saranno di tipo unipolare e multipolari, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22-II, con corda flessibile in rame, del tipo FG16. Le sezioni considerate sono:

- sezione minima 1,5 mm<sup>2</sup> per linea luci e segnali;
- sezioni cavi linea potenza 2,5 mm<sup>2</sup>.

I cavi di comando e controllo saranno schermati. I cavi per i cablaggi elettrici dei quadri e per i servizi generali (luce, f.m. ecc.) posati in tubo PVC, saranno costituiti da conduttori flessibili in rame isolati in PVC, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22 II, 450/750 V.

#### **10.5 SISTEMA DI PROTEZIONE, MONITORAGGIO, COMANDO E CONTROLLO**

La sottostazione può essere controllata da: un sistema locale di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote.

---

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura sono collegati con cavi tradizionali multifilari alle apparecchiature di alta tensione dello stallo e con cavi a fibre ottiche alla sala quadri centralizzata. Essi hanno la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure e alla protezione dello stallo, agli interblocchi tra le apparecchiature di stallo e tra queste e apparecchiature di altri stalli, all'elaborazione dei comandi in arrivo dalla sala quadri e a quella dei segnali e misure da inoltrare alla stessa, alle previste funzioni di automazione dello stallo, all'oscilloperturbografia di stallo e all'acquisizione dei dati da inoltrare al registratore cronologico di eventi.

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura centralizzati, installati nell'edificio centrale, sono interconnessi tra loro con cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello d'impianto di tutta la sottostazione, alla restituzione dell'oscilloperturbografia e alla registrazione cronologica degli eventi.

Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della sottostazione quando venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione.

In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra) le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale, con adeguata interfaccia uomo-macchina è altresì possibile effettuare le manovre di esercizio.

## **10.6 OPERE CIVILI**

I movimenti di terra per la realizzazione della nuova sottostazione consisteranno nei lavori civili di preparazione del terreno e negli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione (edifici, portali, fondazioni macchinario e apparecchiature, torri faro, etc...). La stazione in oggetto si svilupperà su un unico livello pressoché pianeggiante senza dislivello eccessivo.

L'area di cantiere in questo tipo di progetto sarà costituita essenzialmente dall'area su cui insisterà l'impianto.

I lavori civili di preparazione, in funzione delle caratteristiche planoaltimetriche e fisico/meccaniche del terreno, consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto al fine di ottenere un piano a circa 600÷800 mm rispetto alla quota del piazzale di stazione, ovvero in uno scortico superficiale di circa 40 cm con scavi a sezione obbligata per le fondazioni; il criterio di gestione del materiale scavato

---

prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato a idonea scarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte d'idonee caratteristiche.

Le aree sottostanti le apparecchiature di AT saranno sistemate con pietrisco, mentre le strade e i piazzali di servizio saranno pavimentati con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso. Le fondazioni delle apparecchiature di AT saranno in conglomerato cementizio armato e adeguate alle sollecitazioni previste (peso, vento, corto circuito).

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte in una vasca di prima pioggia con disoleatore per essere successivamente conferite a un corpo ricettore compatibile con la normativa in materia di tutela delle acque. Il sistema di drenaggio includerà:

- pozzetti in c.a.p. con caditoia in ghisa, 60x60xh200 cm, per carichi pesanti;

Le acque di scarico dei servizi igienici saranno raccolte in un apposito serbatoio a svuotamento periodico di adeguate caratteristiche.

Per l'ingresso alla sottostazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 7.0 metri, la recinzione perimetrale sarà costituita da manufatti prefabbricati in cls, di tipologia aperto/chiuso.

L'impianto di distribuzione forza motrice esterno sarà realizzato nell'area della sottostazione e sarà costituito da:

- prese interbloccate 2x16A+N+T – 3x32A+N+T – 2x10A+T;
- qb tubazioni PVC/acciaio zincato serie pesante tipo conduit UNI 3824 per la protezione meccanica dei cavi di collegamento;
- qb cassette di derivazione in PVC dimensioni 150x150mm;
- qb fileria antifiamma N07VK 450/750 V sezione 10/16 mm<sup>2</sup>, da posare all'interno delle tubazioni s.d., per il collegamento delle armature al rispettivo quadro ausiliario.

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali alti 12 m con armatura stradale di classe II esecuzione stagna IP65 complete di lampade a led da 150 W.

---

Sarà previsto un impianto d'illuminazione di emergenza realizzato con armature fluorescenti stagne AD-FT, con lampade da 20 W, reattore elettronico, montate a soffitto, alimentate da inverter. Per evitare di scaricare la batteria in assenza del personale della manutenzione, l'illuminazione di emergenza sarà inserita manualmente.

I locali di quadri controllo, supervisione e misure saranno provvisti di un impianto di riscaldamento tramite ventilconvettori di potenza 1000–1500 W, 230 V, con termostato ambiente.

L'edificio sarà munito di un impianto di rilevazione e segnalazione incendi messo in opera sia nei cunicoli cavi all'interno dell'edificio che all'interno dell'edificio stesso e sarà costituito da:

- n. 1 centrale convenzionale a zone comprensiva di accumulatori da 12 V 7Ah, tastiera a membrana con tasti funzione, relè di uscita per invio segnale al sistema di controllo;
- n. qb. rivelatori ottici di fumo analogici completi di base di fissaggio;
- n. qb. rivelatori termovelocimetri analogici completi di base di fissaggio;
- n. qb. pulsanti manuali a rottura di vetro completi di modulo d'indirizzo;
- n. qb. pannelli ottico acustici completi di scritta intercambiabile, in versione IP54;
- cavi antifiamma twistati schermati 2x1.5 mm<sup>2</sup>.

Le porte di accesso all'edificio quadri di sottostazione saranno dotate di contatto di allarme per segnalare l'avvenuta apertura. I contatti saranno collegati a una centralina a microprocessore.

## **10.7 COLLEGAMENTO ALLA STAZIONE RTN**

Il collegamento alla stazione RTN permetterà di convogliare l'energia prodotta dal parco eolico alla rete ad alta tensione. A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto sarà inviata allo stallo di trasformazione della stazione di Utenza 30/150 KV; qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre della sezione 150 kV della futura stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in cavo AT interrato tra i terminali cavo della stazione d'utenza e i terminali cavo del relativo stallo in stazione di rete.

### 10.7.1 Cavidotto interrato AT

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima prevista dallo stallo della futura stazione RTN. Se si considera una potenza massima di 250 MW, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\varphi} = \frac{250 * 10^6}{\sqrt{3} * 150000 * 0.95} = 1014.0 \text{ A}$$

Dalla tabella dei cavi, per un cavo di sezione pari a 1200 mm<sup>2</sup> e per le condizioni standard da

XDRCU-ALT Single-core Cable 220/127 (245) kV									
with Copper wire screen and Aluminium laminated sheath			<b>Remarks</b> The inner semi-conductive layer, the XLPE main insulation and the outer semi-conductive layer are extruded in a single operation applying a dry curing and a water or nitrogen cooling method.						
<b>Construction</b>			<b>Features</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aluminium conductor, round stranded or segmented, optionally with longitudinal water barrier</li> <li>Inner semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation</li> <li>XLPE main insulation, cross-linked</li> <li>Outer semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation</li> <li>Copper wire screen with semi-conductive swelling tapes above and below as longitudinal water barrier</li> <li>Aluminium foil, overlapped and glued as radial diffusion barrier bonded to the overshath</li> <li>Thermoplastic overshath as mechanical protection, optionally with semi-conductive and/or flame-retardant layer</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Very low weight</li> <li>Low losses</li> <li>Low cost</li> <li>Internationally proven design</li> <li>Suitable for most applications</li> </ul>						
<b>Standards</b>									
IEC 62067			IEEA S-108-720						
			AEC CS9-06						
<b>Technical data</b>									
Conductor cross-section	Outer diameter (approx.)	Cable weight (approx.)	AC resistance	AC resistance	Reactance	Reactance	Capacitance	Min. bending radius	Max. pulling force
mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	µf/km	mm	kN
400	97	10	101.0	101.0	147	232	0.126	2000	12
500	97	10	78.9	78.7	141	227	0.136	2000	15
630	98	10	62.0	61.5	132	217	0.158	2000	19
800	101	11	49.5	48.8	126	209	0.173	2100	24
1000	103	12	40.5	39.5	121	203	0.190	2100	30
1200	106	13	35.5	34.3	117	197	0.208	2200	36
1400	111	14	27.6	27.5	111	188	0.239	2300	42
1600	115	15	24.4	24.2	110	185	0.248	2300	48
2000	119	16	19.8	19.5	107	180	0.263	2400	60
2500	126	18	17.1	16.8	104	173	0.285	2600	75
<b>Capacity</b>									
Installation	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Amb. temp.			30 °C					36 °C	
Soil resist.			1.0 Km/M	0.7	0.7			in air	
Load factor	1.0	1.0							
Cross-section									
<b>Figura 13: Data Sheet cavo AT</b>									
500	606	965	720	774	743	619			
630	694	767	831	900	871	969			
800	785	873	945	1030	1003	1125			
1000	876	982	1060	1165	1139	1290			
1200	944	1065	1148	1270	1246	1423			
1400	1079	1207	1303	1449	1459	1656			
1600	1153	1293	1412	1555	1571	1790			
2000	1283	1450	1577	1751	1776	2040			
2500	1369	1579	1716	1919	1962	2276			

catalogo, considerando la posa in piano, otteniamo un valore di corrente massimo pari a 1065 A, da cui si evince che la sezione selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

La linea elettrica sarà costituita da una terna di cavi in alluminio con sezione 1x1200 mm<sup>2</sup> (diametro esterno cavo 106 mm), ad isolamento solido in polietilene reticolato (XLPE), con una portata nominale 1065 A (@ 20°C, posa in piano), i quali saranno posati in tratte con lunghezze analoghe. Il collegamento delle guaine- schermo sarà del tipo "Single Point Bonding", mediante la posa di un cavo unipolare in rame (insieme alla terna

di cavi unipolari AT) della sezione nominale di 400 mm<sup>2</sup> per il collegamento in parallelo delle terre dei terminali al fine

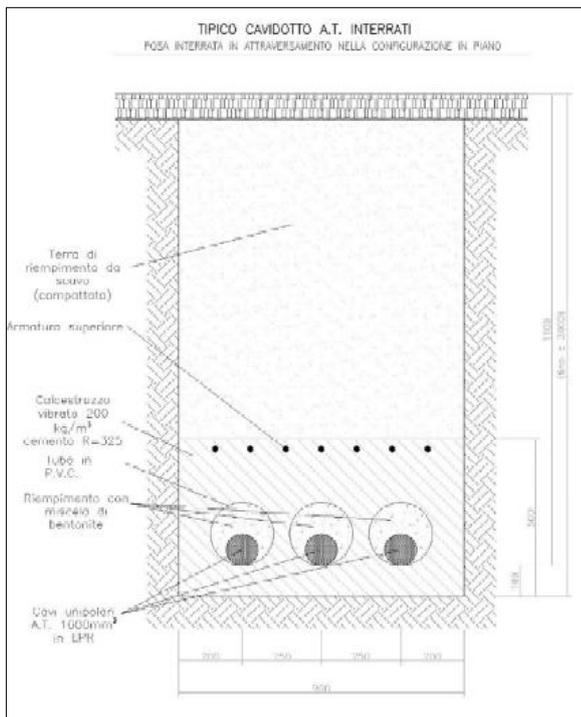
di evitare pericolosi valori di tensione di passo e di contatto.

La posa sarà effettuata con la disposizione "in piano" principalmente sul fondo di una trincea scavata ad una profondità di 150 cm.

I cavi saranno terminati nelle sottostazioni di partenza/arrivo con terminali montati su apposite strutture di sostegno (una per ciascun cavo).

Le dimensioni nominali della trincea di posa per semplice terna saranno di 90 cm di larghezza per 150 cm (minimo) di profondità. Nei tratti in trincea il cavo sarò posato con disposizione in piano, su di un letto di posa dello spessore di 10 cm costituito da sabbia o cemento; il tutto sarò poi ricoperto da un ulteriore strato dello spessore di 50 cm di cemento magro.

Verrà inoltre posata, a quota di 20 cm al di sopra del bauletto in cemento, una rete di segnalazione in materiale plastico di colore rosso-arancio con applicato sulla faccia superiore un nastro con la scritta "CAVI a 150.000 Volt" (o equivalente).



**Figura 14: Posa tipo cavo AT**

Laddove necessario verrà inoltre posata una palina con targa monitoria, piantata sul terreno a margine del tracciato del cavidotto.

Gli scavi verranno reinterrati con inerti di caratteristiche adeguate; per i tratti asfaltati dovrà essere ricostruito il sottofondo pre-bitumato per uno spessore di 30 cm ed un tappeto d'usura per uno spessore minimo di 3 cm.

In corrispondenza degli attraversamenti stradali la posa sarò effettuata in tubo. Tale operazione potrà avvenire con il sistema spingi tubo tradizionale. In casi particolari potrà essere utilizzato il sistema di perforazione teleguidata, consistente nell'esecuzione di un foro di attraversamento nel

quale verranno infilati tubi in PVC a protezione di ogni cavo componente la terna.

I cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

- conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- schermo semiconduttore;
- isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;
- schermo semiconduttore;
- dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;

- 
- schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti di corto circuito;
  - rivestimento protettivo esterno costituito da un a guaina di PE nera grafitata.

---

## 11 VERIFICHE DI COLLAUDO

L'impianto eolico e i relativi componenti saranno realizzati nel rispetto delle norme tecniche richiamate di settore. Le verifiche di collaudo e le prove di collaudo dell'impianto saranno in parte effettuate durante l'esecuzione dei lavori, in parte appena ultimato l'impianto. L'installazione dell'impianto sarà soggetta al rispetto dei seguenti criteri:

- L'insieme degli impianti dovrà essere realizzato a perfetta regola d'arte ai sensi della Legge 186/1968, della Legge 46/1990, Legge 17/2007, Decreto del Ministero dello sviluppo economico n. 37 del 22 gennaio 2008, (decreto di attuazione) e s.m.i.
- Gli impianti elettrici ed elettronici in predicato sono soggetti alle categorie 1a, 1b, della Legge 46/1990, pertanto la ditta aggiudicataria delle opere dovrà documentare l'idoneità all'esecuzione della categoria d'impianto cui ci si riferisce, integrando le informazioni fornite nel presente atto con gli elementi descrittivi forniti da tutti gli elaborati di progetto.
- Se i tempi prevedibili sono significativi (mesi o anni), l'interruttore in olio ridotto e il trasformatore devono essere ordinati poco prima dell'installazione oppure immagazzinati in ambiente privo di umidità, al fine di evitare infiltrazioni di aria umida che, al momento della messa in tensione, potrebbero dar luogo a scariche multiple, con deterioramento delle caratteristiche fisiche e chimiche dell'olio.
- Prima della messa in tensione dell'impianto, assicurarsi che il commutatore del trasformatore si trovi nella posizione intermedia, in ogni caso, dopo un certo periodo di funzionamento, assicurarsi che tale posizione garantisca la tensione nominale, altrimenti tarare la posizione del commutatore in modo adeguato.
- Nell'installazione dei cavi, si deve evitare che gli stessi si trovino sottoposti a trazione per tratti superiori a 20 cm, ancorandoli mediante staffe apposite.
- L'installazione dei cavi deve avvenire nelle condizioni ambientali imposte dalle norme e dai costruttori.
- I cavi unipolari installati in vicinanza di parti metalliche devono essere raggruppati, per evitare induzioni elettromagnetiche.
- I conduttori, salvo che non si tratti d'installazioni mobili (cfr. Norme di riferimento), devono essere idoneamente protetti e salvaguardati contro i guasti di natura meccanica, in altre

---

parole installati in tubazioni, canaline porta cavi, condotti o cunicoli, oppure dotati d'idonea guaina protettiva.

- I componenti devono avere idoneo grado di protezione contro la penetrazione della polvere, dei liquidi, contro gli urti, in base all'ambiente d'installazione.
- I materiali utilizzati devono essere ignifughi, autoestinguenti, non propaganti la fiamma, resistere all'umidità, alle sovratemperature.
- I tubi protettivi devono avere un diametro interno pari ad almeno 1.3 volte il diametro esterno circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti, per permettere di sfilare e infilare i cavi senza danneggiamenti alla guaina o all'isolante o al tubo stesso.
- Il tracciato deve essere per quanto possibile rettilineo, con pendenze idonee per permettere lo scarico dell'eventuale condensa che si crea, le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che permettono la sfilabilità dei cavi contenuti.
- Nel caso in cui nella stessa condotta sono presenti circuiti con tensioni di esercizio diverse, ogni componente, ovvero cavo elettrico, morsetto d'interconnessione, deve avere un isolamento almeno pari alla tensione di esercizio maggiore.
- I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti secondo quanto previsto dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 0072274 e 00712.
- I canali dovranno essere in acciaio zincato completi di coperchio con innesto a scatto in modo da realizzare, nel complesso, un grado di protezione IP4X, in particolare i pezzi costituenti dovranno essere connessi elettricamente e una volta installati si dovrà verificare la continuità elettrica.
- Tutti i passaggi tra compartimentazioni antincendio dovranno essere sigillati e trattati con materiali intumescenti per ristabilire la protezione REI prevista.
- Le condutture composte di derivazioni da canalina, tubazioni e cassette di derivazioni saranno interconnesse con raccordi pressatubo e pressacavo idonei a realizzare un grado di tenuta IP40 su ogni punto di derivazione d'impianto e sugli utilizzatori, nella fattispecie il sistema di fissaggio delle tubazioni sarà composto di collari chiusi del tipo componibile a incastro senza l'uso di guida di supporto al fine di garantire un corretto serraggio in ogni posizione di posa e il parallelismo delle tubazioni secondo la regola dell'arte.

- 
- Le tubazioni esterne dovranno essere del tipo in PVC, rigide, serie pesante, autoestinguenti con grado di protezione IP65.