



REGIONE PUGLIA
COMUNE DI CERIGNOLA (FG) E
COMUNE DI SAN FERDINANDO DI PUGLIA (BT)

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SAN CASSANIELLO"
NEI COMUNI DI CERIGNOLA (FG) E SAN FERDINANDO DI PUGLIA (BT)

TITOLO

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	VISTI
<p>Via Degli Arredatori, 8 70026 Modugno (BA) - Italy www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net tel (+39) 0805046361</p> <p>Azienda con Sistema di Gestione Certificato UNI EN ISO 9001:2015 UNI EN ISO 14001:2015 UNI ISO 45001:2018</p> <p>Tecnico ing. Danilo POMPONIO ing. Mariano MARSEGLIA</p> <p>Collaborazioni ing. Milena MIGLIONICO ing. Giulia CARELLA ing. Antonio CAPOBIANCO ing. Giovanna SCUDERI ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI ing. Dionisio STAFFIERI</p> <p>Responsabile Commessa ing. Danilo POMPONIO</p>	<p>INERGIA S.p.a.</p> <p>Sede Operativa: Via Cola D'Amatrice n.1 63100 ASCOLI PICENO Tel.: 0736/342490 Fax: 0736/341243</p> <p>Sede legale: Via Tirso n. 26 00198 ROMA Tel.: 06/97746380 Fax: 06/97746381</p> <p>www.inergia.it e-mail: info@inergia.it PEC: direzione.inergia@legalmail.it</p> <p>CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM CQY CERTIQUALITY UNI EN ISO 9001:2015 UNI EN ISO 14001:2015 UNI ISO 45001:2018</p>	

DATI PROGETTAZIONE

Cod. Progetto	Commessa	
23087	23087	

Scala -	Formato Stampa A4	Cod. Elaborato EO-SFE-PD-OEL-11	Rev. a	Nome File EO-SFE-PD-OEL-11 -Calcoli Preliminari Impianti.doc	Elaborato 1	Foglio 1 di 22
------------	----------------------	------------------------------------	-----------	--	----------------	-------------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	15/01/2024	Prima Emissione	Zingarelli	A.Corradetti	R.Caioli

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI.....	5
3. CRITERI GENERALI DI PROGETTO.....	6
4. APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE UTENTE.....	15
5. CRITERI DI COSTRUZIONE.....	17
6. COESISTENZA FRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE.....	18

È vietato riprodurre o utilizzare il contenuto senza autorizzazione (art. 2575 c.c.)



INERGIA Spa
Sede Legale ROMA
Via Tirso, 26 - 00198

Sede Operativa ASCOLI PICENO
Via Cola d'Amatrice, 1 - 63100
Tel.0736 342490 - Fax 0736 341243

www.inergia.it
info@inergia.it
direzione.inergia@legalmail.it

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa alla redazione del progetto elettrico definitivo per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **INERGIA S.p.A.** .

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 12 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 86,4 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Cerignola (FG) e San Ferdinando di Puglia (BT), in cui insistono gli aerogeneratori e le opere di connessione alla RTN.

La soluzione di connessione alla RTN per l'impianto eolico denominato "San Cassaniello" (c.p. 202300889) prevede che la centrale venga collegata in antenna a 150 kV su futura Stazione Elettrica a 380/150 kV della RTN da collegare in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Foggia – Palo del Colle". Tale Stazione Elettrica RTN è stata autorizzata nel Comune di Cerignola (FG) con Determina Dirigenziale n.4 del 27 gennaio 2016 da altro produttore e risulta in fase di realizzazione da parte di Terna.

Al fine di razionalizzare le infrastrutture di rete RTN, tale soluzione di connessione alla RTN sarà condivisa con altri impianti di produzione come meglio dettagliato nel seguito e negli elaborati progettuali allegati.

L'impianto di rete per la connessione alla RTN, cioè di competenza del Gestore della RTN – Terna Spa, comprende le seguenti opere necessarie alla connessione:

1. Stallo di arrivo produttore 150 kV RTN dedicato alla connessione su futura Stazione Elettrica RTN 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Foggia – Palo del Colle" (SE AAT/AT RTN) autorizzata come descritta in precedenza;
2. Futura Stazione Elettrica a 380/150 kV da collegare in entra- esce alla linea RTN a 380 kV "Foggia-Palo del Colle". Tale Stazione Elettrica RTN è stata autorizzata nel Comune di Cerignola (FG) con Determina Dirigenziale n.4 del 27 gennaio 2016 da altro produttore e risulta in fase di realizzazione da parte di Terna.

La connessione fisica dell'impianto in oggetto avverrà sullo stallo arrivo produttore 150 kV RTN nella Stazione Terna di cui al precedente punto 1), che sarà condiviso con i seguenti impianti di produzione/Utenti interessati dalla stessa soluzione di connessione al fine di razionalizzare le infrastrutture di rete RTN:

- c.p. 202200305 Inergia Solare srl;
- c.p. 202301290 ACL Energy srl



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

La connessione dell'impianto alla RTN prevede quindi la realizzazione delle seguenti opere utente:

- Linea aerea 150 kV di connessione alla RTN;
- N. 1 Sottostazione Elettrica Utente di Connessione AT (SSE AT) da realizzare nel Comune di Cerignola (FG) e collegata alla SE RTN con linea aerea 150 kV. Tale Sottostazione sarà condivisa con altri produttori interessati e sarà composta dai seguenti elementi principali:
 - N.1 stallo linea aerea 150 kV per la connessione alla SE RTN (Area Comune agli utenti che condividono la stessa connessione alla RTN);
 - Sistema di sbarre AT per condivisione del punto di connessione alla RTN tra gli impianti interessati (Area Comune agli utenti che condividono la stessa connessione alla RTN);
 - N.1 stallo linea in cavo 150 kV per il collegamento con la Sottostazione Elettrica Utente di Trasformazione AT/MT (SSE AT/MT);
- N. 1 Sottostazione Elettrica Utente di Trasformazione AT/MT kV (SSE AT/MT) da realizzare nel Comune di Cerignola (FG). La suddetta stazione sarà composta dai seguenti elementi principali:
 - N.1 stallo linea in cavo 150 kV per il collegamento con la Sottostazione Elettrica Utente di Connessione alla RTN (SSE AT);
 - Sistema di sbarre AT per condivisione del punto di connessione alla RTN tra gli impianti interessati;
 - N.2 stalli trasformatore 150/30 kV dedicati all'impianto eolico oggetto della presente relazione;
- Cavidotto AT di collegamento dalla SSE AT alla SSE AT/MT e condiviso con altri impianti interessati.

Le Sottostazioni Elettriche Utente (SSE AT di Consegna e SSE AT/MT di Trasformazione) conterranno quindi anche le apparecchiature elettromeccaniche per la connessione alla RTN condivisi da altri impianti di produzione interessati alla stessa soluzione di connessione. La presente soluzione tecnica consente di minimizzare gli impatti sul territorio, nonché di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture RTN dal momento che:



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

- Le sottostazioni verranno realizzate in un'area dove già sono presenti altre infrastrutture elettriche;
- La condivisione dello Stallo arrivo produttore RTN nell'area Terna, consente di non dover effettuare ulteriori ampliamenti della Stazione Terna, utilizzando detto stallo in maniera più efficiente;
- La condivisione dei collegamenti AT, in soluzione aerea e in cavo, consente di non dover realizzare ulteriori collegamenti in AT, in un'area già satura di infrastrutture elettriche.

I particolari della soluzione di connessione alla RTN sono riportati negli elaborati progettuali allegati.

Sottostazioni Elettriche Utente di Consegna AT e di Trasformazione AT/MT (SSE AT e SSE AT/MT) saranno realizzate nel Comune di Cerignola (FG). Alla SSE AT/MT di trasformazione sarà collegato il cavidotti MT proveniente dal parco eolico composto da n.6 linee provenienti ciascuna da un sottocampo del parco eolico. Per ciascuna sottostazione elettrica utente sarà previsto un fabbricato servizi contenete tutti i quadri MT, BT e il sistema computerizzato di gestione locale e da remoto della rete elettrica, degli aerogeneratori, dei trasformatori AT/MT e degli stalli AT.

Rete di cavidotti MT, eserciti a 30 kV, per il collegamento degli aerogeneratori con la suddetta sottostazione di trasformazione AT/MT (SSE AT/MT). Detti cavidotti saranno installati all'interno di opportuni scavi principalmente lungo la viabilità ordinaria esistente e sulle strade di nuova realizzazione a servizio del parco eolico.

Rete telematica di monitoraggio, in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

Partendo dalle condizioni al contorno individuate nel paragrafo, si sono studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico con l'obiettivo di rendere funzionale e flessibile l'intero parco eolico, gli aerogeneratori sono stati collegati con soluzione "entra-esce" raggruppandoli anche in funzione del percorso dell'elettrodotto, contenendo le perdite ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi stessi. I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici, potranno essere meglio definiti in fase costruttiva.

PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

All'atto dell'esecuzione dei lavori, i percorsi delle linee elettriche saranno accuratamente verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture, altri impianti ed effetti di qualunque genere;
- evitare curve inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa o infilaggio del cavo;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.

La rete elettrica a 30 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla sottostazione. Si possono pertanto identificare due sezioni della rete in MT:

- La rete di raccolta dell'energia prodotta suddivisa in 6 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri MT delle torri in configurazione entra/esce;
- La rete di vettoriamento che collega l'ultimo aerogeneratore del sottocampo alla sottostazione di trasformazione AT/MT;

Ciascuna delle suddette linee provvede, con un percorso interrato, al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, punto di partenza della linea elettrica di vettoriamento alla sottostazione di trasformazione AT/MT.

Il percorso di ciascuna linea della rete di raccolta è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;
- migliore condizione di posa (ossia, in presenza di forti dislivelli tra i due lati della strada, contenendo, comunque, il numero di attraversamenti, si è cercato di evitare la posa dei cavi elettrici dal lato più soggetto a frane e smottamenti).

Per le reti MT non è previsto alcun passaggio aereo.

I principali impianti ed opere da realizzare sono sinteticamente sotto raggruppati:

✓ **Impianto Utente**

- rete di distribuzione interna a MT (30 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico. Il progetto e la fornitura dell'impianto elettrico interno agli aerogeneratori, compreso il trasformatore MT/BT e i quadri a MT in configurazione entra-esce, sono di competenza del fornitore degli aerogeneratori stessi;



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

- linea di vettoriamento a MT (30 kV) in cavo interrato per il collegamento degli aerogeneratori alla sottostazione;
- rete in fibra ottica tra le torri eoliche alla sottostazione;
- Impianti di messa a terra.

Tutti i calcoli di seguito riportati e la relativa scelta di materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche sostanziali per mantenere i necessari livelli di sicurezza.

2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Nella redazione del presente progetto sono state e dovranno essere osservate anche in fase di esecuzione dei lavori di installazione, le disposizioni di legge vigenti in materia e le norme tecniche del CEI.

In particolare, si richiamano le seguenti Norme e disposizioni di legge:

Impianti elettrici in generale:

CEI 64-8, CEI 81-1, CEI 81-3, CEI 88-1, CEI 0-2, CEI 0-3, CEI 0-16; CEI 11-20;

CEI 99-1/2/3/5;

D.Lgs. 186/ 1968 Costruzione di impianti a regola d'arte;

D.Lgs. 17/2010 Direttiva macchine;

Cavidotti e cavi:

CEI 20-21, CEI 11-17, DPR 16/12/92 n. 945 con successivi chiarimenti e deroghe, CEI EN 50086-1, CEI EN 50086-2-4,

Sicurezza del lavoro:

D.lgs. n° 81/2008 "Norme per la tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

Il progetto elettrico oggetto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della "regola dell'arte", nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti.

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

3. CRITERI GENERALI DI PROGETTO

Sito di installazione

La centrale eolica sarà costituita da 12 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 86,4 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Cerignola (FG) e San Ferdinando di Puglia (BT). La posizione degli aerogeneratori è rilevabile sulle tavole grafiche di progetto. Il punto di trasformazione dell'energia elettrica 150/30 kV è stato individuato nell'area del Comune di Cerignola (FG).

Trasformatori MT/BT

I Trasformatori MT/BT sono collocati all'interno delle navicelle al fine di diminuire l'impatto visivo. I trasformatori saranno forniti dalla ditta produttrice, all'interno del contratto di acquisto degli aerogeneratori.

Tracciato del cavidotto MT

L'impianto eolico è stato suddiviso in 6 sottocampi:

- SOTTOCAMPO 1 (WTG C1, WTG C2);
- SOTTOCAMPO 2 (WTG C3, WTG C6);
- SOTTOCAMPO 3 (WTG S1, WTG S2);
- SOTTOCAMPO 4 (WTG S3, WTG S4);
- SOTTOCAMPO 5 (WTG C4, WTG C7);
- SOTTOCAMPO 6 (WTG C5, WTG S5);

L'energia elettrica raccolta da ogni sottocampo è trasferita in elettrodotto a MT, in esecuzione completamente interrata, fino alla sottostazione.

Per il collegamento delle torri si prevede la realizzazione di linee a MT costituite da collegamenti del tipo entra-esce o singoli. Le linee raccolgono, pertanto, l'energia prodotta dai generatori. Il percorso è rappresentato nelle tavole allegate.

Percorsi seguiti dai cavidotti

Il percorso del collegamento del campo eolico alla Sottostazione Elettrica Utente di Trasformazione AT/MT è stato scelto tenendo conto:

- della necessità di utilizzare quanto più possibile la viabilità esistente;

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

- dell'esigenza di limitare al minimo i percorsi da realizzare su strade pubbliche accreditate di un discreto traffico veicolare.

Scelta del tipo di posa

I cavi saranno direttamente interrati tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PVC. Le eventuali tubazioni saranno a loro volta rinfiancate con sabbia o terra vagliata e lo scavo sarà riempito con materiale di risulta (salvo diversa prescrizione dell'Ente Proprietario della strada). Il cavo direttamente interrato garantisce una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo. L'impiego di pozzetti o camerette deve essere limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti.

Scelta del tipo di cavi a MT

I cavi impiegati saranno del tipo ARE4H5EE 18/30 KV o similari in formazioni tripolari cordati ad elica visibile oppure unipolari con posa a trifoglio. Essi sono costituiti con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in polietilene reticolato (XLPE), da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a fili di rame e da una guaina esterna protettiva in PVC rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso. Il semiconduttore è asportabile a freddo. Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante. La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando le correnti di impiego e le portate dei cavi per la tipologia di posa considerando anche che devono essere minimizzate le perdite.

Nella **Tabella 1** sono riportati i calcoli delle correnti di impiego (a tensione e potenza nominale e $\cos\phi$ 0,88 induttivo), la scelta delle sezioni e la portata dei cavi MT per la tipica posa interrata. I calcoli sono stati effettuati secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a $2 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$, pari a quella del cls, ipotesi a favore della sicurezza rispetto alle prescrizioni della norma CEI 20-21;
- temperatura terreno pari a 20° C (CEI 20-21 A.3);
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti condutture affiancate in piano distanziate di 7 cm;

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

- posa direttamente interrata con disposizione a trifoglio variabile da 1,30 m a 1,60 m in base al numero di terne sullo stesso scavo;
- posa direttamente interrata a 1,2 m con disposizione a trifoglio;
- temperatura di funzionamento a 90°C.

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito. Sono stati così dimensionati i vari tratti di elettrodotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo.

I cavi MT 18/30 kV collegano tra loro i singoli aerogeneratori, con entra-esce a formare sottocampi i quali saranno collegati con la sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT. Il dimensionamento dei cavi di MT è stato condotto verificando le portate nelle condizioni di posa reali e verificando che la caduta percentuale totale fosse inferiore al 4% a pieno carico. Di seguito si riportano le lunghezze e le sezioni commerciali dei cavi ipotizzate per le varie tratte.

Tabella 1: Dati dei cavi MT interrati di collegamento tra aerogeneratori e tra aerogeneratori e la SSE AT/MT.

Sottocampo 1

Cavo	N° WTG	Formazione [mm ²]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	I _b [A]	I _z (*) [A]	ΔV%
Da WTG C2 a WTG C1	1	3x(1x300)	1874	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	157	233	0,2%
Da WTG C1 a SSE AT/MT	2	3x(1x630)	13662	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	314	346	2.5%

Sottocampo 2

Cavo	N° WTG	Formazione [mm ²]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	I _b [A]	I _z (*) [A]	ΔV%
Da WTG C3 a WTG C6	1	3x(1x300)	1318	5	ARE4H5EE 18/30kV	30	157	233	0,2%
Da WTG C6 a SSE AT/MT	2	3x(1x630)	16338	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	314	346	2.7%

Sottocampo 3

Cavo	N° WTG	Formazione [mm ²]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	I _b [A]	I _z (*) [A]	ΔV%
Da WTG S2 a WTG S1	1	3x(1x300)	1992	2	ARE4H5EE 18/30kV	30	157	332	0,3%



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

Da WTG S1 a SSE AT/MT	2	3x(1x630)	19333	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	314	346	3.0%
--------------------------	---	-----------	-------	---	------------------	----	-----	-----	------

Sottocampo 4

Cavo	N° WTG	Formazione [mm2]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	Ib [A]	Iz (* [A]	ΔV%
Da WTG S3 a WTG S4	1	3x(1x300)	2595	2	ARE4H5EE 18/30kV	30	157	332	0,3%
Da WTG S4 a SSE AT/MT	2	3x(1x630)	19561	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	314	346	3.0%

Sottocampo 5

Cavo	N° WTG	Formazione [mm2]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	Ib [A]	Iz (* [A]	ΔV%
Da WTG C7 a WTG C4	1	3x(1x300)	6647	2	ARE4H5EE 18/30kV	30	157	332	0,9%
Da WTG C4 a SSE AT/MT	2	3x(1x630)	17677	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	314	346	3.0%

Sottocampo 6

Cavo	N° WTG	Formazione [mm2]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	Ib [A]	Iz (* [A]	ΔV%
Da WTG S5 a WTG C5	1	3x(1x300)	3953	2	ARE4H5EE 18/30kV	30	157	174	0,6%
Da WTG C5 a SSE AT/MT	2	3x(1x630)	20135	6	ARE4H5EE 18/30kV	30	314	346	3.1%

Si fa presente che il presente dimensionamento è puramente preliminare. Le sezioni (variabili nel range 95-630 mmq), le tipologie e materiali dei conduttori, nonché il numero dei sottocampi, le modalità di posa saranno determinati con esattezza in fase di progettazione esecutiva, così come la sequenza di collegamento tra le varie turbine, con possibilità di collegamenti anche in parallelo.

Scelta del tipo di cavi AT

Per il collegamento dello stallo (RTN) arrivo produttore con la Sottostazione Elettrica Utente di Consegna AT (SSE AT) del produttore, si utilizzeranno cavi AT con formazione unipolare (87/150 kV ARE4H1H5E da 1600 mmq o similari) con posa direttamente interrata e



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

disposizione a trifoglio. Il tracciato e le sezioni e profondità di scavo sono indicati negli elaborati progettuali.

Nella Tabella di seguito sono riportati i calcoli delle correnti di impiego (a tensione e potenza nominale e $\cos\phi$ 0,9 induttivo), la scelta delle sezioni e la portata dei cavi AT per la tipica posa interrata. I calcoli sono stati effettuati secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a $2 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$, pari a quella del cls, ipotesi a favore della sicurezza rispetto alle prescrizioni della norma CEI 20-21 ;
- temperatura terreno pari a 20° C (CEI 20-21 A.3);
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti condutture affiancate;
- posa direttamente interrata a 1,6 m con disposizione a trifoglio;
- temperatura di funzionamento a 90°C .

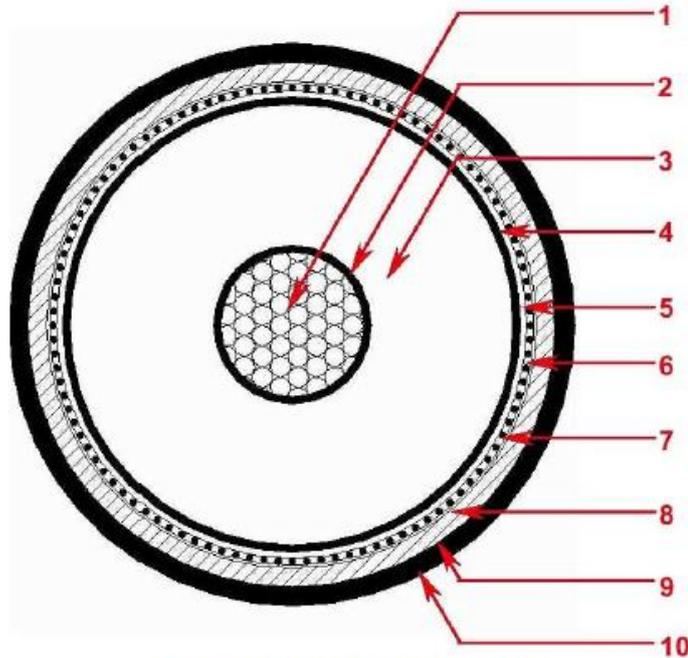
Tabella 2: Dati dei cavi AT interrati di collegamento tra SSE AT e SSE AT/MT.

Cavo	N° WTG	Formazione [mm ²]	Lunghezza [m]	N° di terne sullo stesso scavo	Isolamento	V [kV]	I _b [A]	I _z ' [A]	$\Delta V\%$
SSE_AT_MT→SSE_AT	12	3x(1x1600)	815	1	ARE4H1H55E 87/150 kV	150	212,4	811	0,01%

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali del cavo AT, la modalità di posa e la sezione potranno variare in fase di progettazione esecutiva.



CAVO ARE4H1H5E 150 kV 1600 mm²



(Disegno indicativo – Non in scala)

1	Conduttore	Corda rotonda compatta (tamponata) a fili di alluminio
2	Schermo semiconduttivo	Mescola estrusa semiconduttiva
3	Isolamento	XLPE
4	Schermo semiconduttivo	Mescola estrusa semiconduttiva
5	Tamponamento longitudinale	Nastro semiconduttivo rigonfiante
6	Schermo metallico	Fili di rame
7	Controspirale	Nastro di rame
8	Tamponamento longitudinale	Nastro rigonfiante
9	Guaina metallica	Nastro longitudinale di alluminio monoplaccato
10	Guaina esterna	Polietilene (grafitato)

ARE4H1H5E-87/150kV
1x1600

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	U.M.	Dati
CONDUTTORE	Materiale	ALLUMINIO
Sezione	mm ²	1.600
Diametro	mm	49,1
Numero minimo di fili (secondo IEC 60228)	n°	N.A.
ISOLANTE	Materiale	XLPE
SPESSORE ISOLANTE - nominale	mm	20,0
DIAMETRO SULL'ISOLANTE min - max	mm - mm	90 - 94
SCHERMO A FILI DI RAME - sezione	mm ²	100
NASTRO DI ALLUMINIO - spessore nominale	mm	0,2
GUAINA ESTERNA	Materiale	PE
SPESSORE GUAINA - nominale	mm	4,0
DIAMETRO ESTERNO min - max	mm - mm	105 - 109
PESO DEL CAVO - indicativo	kg/m	11,9
CARATTERISTICHE FUNZIONALI	U.M.	Dati
Resistenza elettrica max a 20 °C - Conduttore	Ohm/km	0,0186
Resistenza elettrica max a 90 °C - Conduttore	Ohm/km	0,0289
Reattanza di fase a 50 Hz	Ohm/km	0,118
Resistenza elettrica max a 20 °C - Schermo	Ohm/km	0,208
Capacità di fase	mF/km	0,24
Raggio minimo di curvatura	m	3,0
⁽¹⁾ PORTATA - I _z	A	1.096
⁽²⁾ CORRENTE TERMICA di C.C. - Conduttore	kA x 0,5 s	213
⁽²⁾ CORRENTE TERMICA di C.C. - Schermo	kA x 0,5 s	31,5
⁽³⁾ SOVRACCARICO - 5 ore	kA	1,81
⁽³⁾ SOVRACCARICO - 50 ore	kA	1,44

(1) I valori delle portate sono state calcolate in regime permanente per una terna di cavi posati:

- formazione dei cavi:	a trifoglio
- collegamento degli schermi:	cross-bonding
- temperatura del conduttore (°C):	90
- distanza intersassiale fra cavi adiacenti (mm):	cavi a contatto
- profondità di posa (piano di appoggio dei cavi) (m):	1,4
- temperatura del terreno (°C):	20
- resistività termica del terreno (°Cm/W):	1,0

(2) Le correnti termiche di corto circuito del conduttore sono state calcolate nelle seguenti condizioni:

- durata del corto circuito (s):	0,5
- temperatura iniziale dei conduttori (°C):	90
- temperatura finale dei conduttori (°C):	250
- temperatura iniziale degli schermi (°C):	80
- temperatura finale degli schermi (°C):	250

(3) I valori delle portate in sovraccarico in funzione delle durate (5h e 50h), sono stati calcolati con corrente iniziale pari all'80% della portata iniziale.

Per il collegamento della Sottostazione Elettrica Utente di Consegnata AT (SSE AT) allo Stallo di arrivo produttore 150 kV RTN , si utilizzerà una linea aerea, a semplice terna, equipaggiata con conduttori in corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,30 mmq con un diametro complessivo di 31,50 mm. L'elettrodotto sarà equipaggiato con una corda di guardia in acciaio, avente un diametro di 11,5 mm.

Tabella 3: Dati dei cavi AT di collegamento aereo tra SSE AT e SE RTN.

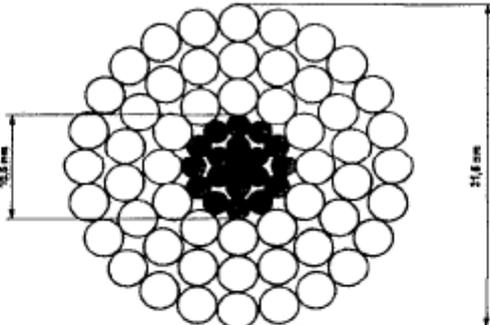
Cavo	Formazione [mm ²]	Lunghezza [m]	Isolamento	V [kV]	Ib [A]	Iz' [A]	ΔV%
SSE_AT→SE RTN	3x(1x585,30)	50	aria	150	212,4	870	0,01%

Le caratteristiche tecniche del conduttore e della fune di guardia sono di seguito riportate.



LINEE AEREE A.T.
CONDUTTORE A CORDA
DI ALLUMINIO - ACCIAIO DIAMETRO 31,5

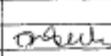
RQ UT 0000C2
Revisione: 01
Pagina: 1/2



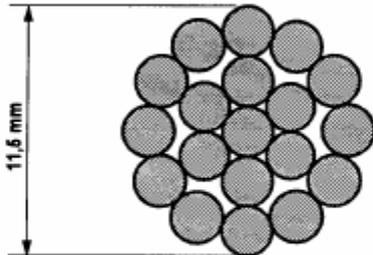
TIPO CONDUTTORE	C 2/1		C 2/2 (*)
	NORMALE		INGRASSATO
FORMAZIONE	Alluminio	54 x 3,50	54 x 3,50
	Acciaio	19 x 2,10	19 x 2,10
SEZIONI TEORICHE (mm ²)	Alluminio	519,5	519,5
	Acciaio	65,80	65,80
	Totale	585,30	585,30
TIPO DI ZINCATURA DELL'ACCIAIO	Normale		Maggiorata
MASSA TEORICA (Kg/m)	1,953		2,071 (**)
RESISTENZA ELETTR. TEORICA A 20°C (ohm/km)	0,05564		0,05564
CARICO DI ROTTURA (daN)	16852		16516
MODULO ELASTICO FINALE (N/mm ²)	68000		69000
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)	19,4 x 10 ⁻⁶		19,4 x 10 ⁻⁶

(*) Per zone ad alto inquinamento salino
(**) Compresa massa grasso pari a 103,39 gr/m.

- 1. Materiale:**
Mantello esterno in Alluminio ALP E 99,5 UNI 3950
Anima in acciaio a zincatura normale tipo 170 (CEI 7-2), zincato a caldo
Anima in acciaio a zincatura maggiorata tipo 3 secondo prescrizioni ENEL DC 3905 Appendice A
- 2. Prescrizioni:**
Per la costruzione ed il collaudo: DC 3905
Per le caratteristiche dei prodotti di protezione: prEN50326
Per le modalità di ingrassaggio: EN50182
- 3. Imballo e pezzature:**
Bobine da 2.000 m (salvo diversa prescrizione in sede di ordinazione)

N°	Data	Descrizione della revisione	Elaborato	Verificato	Collaborazioni	Approvato
00	21-01-2002	PRIMA EMISSIONE	RIS/ML	RIS/ML		RIS/ML
01	25-07-2002	Aggiornata massa conduttore ingrassato				
			C. d'Ambrosia	A. Posati		R. Fendina

Costituisce il :

UNIFICAZIONE ENEL	CORDA DI GUARDIA DI ACCIAIO Ø 11,5		31 73 B																																	
			LC 23																																	
			Gennaio 1995 Ed. 6 - 1/1																																	
																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>23/1</th> <th>23/2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N. MATRICOLA</td> <td>31 73 05</td> <td>31 73 06</td> </tr> <tr> <td>TIPO ZINCATURA</td> <td>NORMALE</td> <td>MAGGIORATA</td> </tr> <tr> <td>MASSA UNITARIA DI ZINCO (g/m²)</td> <td>214</td> <td>641</td> </tr> <tr> <td>FORMAZIONE</td> <td>19 x 2,3</td> <td>19 x 2,3</td> </tr> <tr> <td>SEZIONE TEORICA (mm²)</td> <td>78,94</td> <td>78,94</td> </tr> <tr> <td>MASSA TEORICA (kg/m)</td> <td>0,621</td> <td>0,638</td> </tr> <tr> <td>RESISTENZA ELETTR. TEORICA A 20 °C (Ω /km)</td> <td>2,014</td> <td>2,014</td> </tr> <tr> <td>CARICO DI ROTTURA (daN)</td> <td>12 231</td> <td>10645</td> </tr> <tr> <td>MODULO ELASTICO FINALE (N/mm²)</td> <td>175 000</td> <td>176000</td> </tr> <tr> <td>COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)</td> <td>11,5 x 10⁻⁶</td> <td>11,5 x 10⁻⁶</td> </tr> </tbody> </table>				TIPO	23/1	23/2	N. MATRICOLA	31 73 05	31 73 06	TIPO ZINCATURA	NORMALE	MAGGIORATA	MASSA UNITARIA DI ZINCO (g/m ²)	214	641	FORMAZIONE	19 x 2,3	19 x 2,3	SEZIONE TEORICA (mm ²)	78,94	78,94	MASSA TEORICA (kg/m)	0,621	0,638	RESISTENZA ELETTR. TEORICA A 20 °C (Ω /km)	2,014	2,014	CARICO DI ROTTURA (daN)	12 231	10645	MODULO ELASTICO FINALE (N/mm ²)	175 000	176000	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)	11,5 x 10 ⁻⁶	11,5 x 10 ⁻⁶
TIPO	23/1	23/2																																		
N. MATRICOLA	31 73 05	31 73 06																																		
TIPO ZINCATURA	NORMALE	MAGGIORATA																																		
MASSA UNITARIA DI ZINCO (g/m ²)	214	641																																		
FORMAZIONE	19 x 2,3	19 x 2,3																																		
SEZIONE TEORICA (mm ²)	78,94	78,94																																		
MASSA TEORICA (kg/m)	0,621	0,638																																		
RESISTENZA ELETTR. TEORICA A 20 °C (Ω /km)	2,014	2,014																																		
CARICO DI ROTTURA (daN)	12 231	10645																																		
MODULO ELASTICO FINALE (N/mm ²)	175 000	176000																																		
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)	11,5 x 10 ⁻⁶	11,5 x 10 ⁻⁶																																		
<p>1 - Materiale: acciaio Tipo 170 (CEI 7-2) zincato a caldo per i fili a "zincatura normale", acciaio Tipo 1 zincato a caldo secondo le prescrizioni DC 3905 appendice A per i fili a "zincatura maggiorata"</p> <p>2 - Prescrizioni per la costruzione ed il collaudo: DC 3906</p> <p>3 - Prescrizioni per la fornitura: DC 3911</p> <p>4 - Imballo e pezzature: bobine da 2.000 m (salvo diversa prescrizione in sede di ordinazione)</p> <p>5 - L'unità di misura con la quale deve essere espressa la quantità del materiale è la massa in chilogrammi (Kg)</p>																																				
Descrizione ridotta: C O R D A A C C D I A M 1 1 , 5 M A G U E																																				

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

4. APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE UTENTE

L'energia scambiata con la rete RTN e prodotta dal parco eolico sarà misurata con appositi contatori ad uso fiscale con caratteristiche conformi a specifiche Terna e posizionati sul lato AT e MT di sottostazione.

Tutti i componenti sono stati dimensionati in base ai calcoli effettuati sulla producibilità massima dell'impianto eolico, con i dovuti margini di sicurezza, e in base ai criteri generali di sicurezza elettrica. Gli schemi unifilari nelle tavole allegate illustrano quanto di seguito riportato.

Protezione lato MT

La sottostazione sarà dotata di interruttori automatici MT separati per i vari gruppi di generazione, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi e dai guasti a terra. Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione. L'energia assorbita da tali utenze sarà misurata attraverso apposito misuratore ai fini fiscali.

Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione a MT dalla rete di trasmissione ad alta tensione in caso di malfunzionamento della rete. Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso i gruppi di generazione.

Impianto di Terra

L'impianto di terra per la stazione e per gli aerogeneratori saranno realizzati in accordo alle norme CEI 99-3 e 99-5 prevede un dispersore costituito da una rete di terra primaria ed una rete di terra secondaria.

La rete di terra primaria della sottostazione sarà costituita da:

- Dispersore a maglia interno al perimetro della Sottostazione con lato di magliatura di circa 5 m, in corda di rame nudo CU-ETP UNI 5649-71, di sezione 63 mm²; la maglia sarà posata alla profondità di circa 0.6 – 0.8 m dal piano di calpestio (lati interni della



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

maglia). Sarà previsto un infittimento della magliatura nei pressi dei componenti AT di stazione;

- Conduttore di messa a terra delle strutture metalliche e relative apparecchiature in corda di rame nudo CU-ETP UNI 5649-71 di sezione 125 mm²;
- Morsetti a compressione in rame per realizzare le giunzioni tra i conduttori costituenti la maglia di dispersione e tra questi ultimi e i conduttori di terra;
- Capicorda a compressione diritti, in rame stagnato, per il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche, con bullone in acciaio zincato.

La rete di terra secondaria è la parte esposta ed è costituita da:

- Sagomature delle cime emergenti dalla magliatura interrata, di sezione 125 mm².
- Capicorda a compressione diritti per le cime emergenti, in rame stagnato, per il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche, con bullone in acciaio zincato a caldo;
- Ponti, costituiti da spezzoni di corda di rame nudo 63 mm², per la messa a terra dei trasformatori di corrente, trasformatori di tensione e sezionatori alla struttura metallica di supporto ecc..
- Corda di rame isolata 125 mm² per la connessione degli scaricatori AT ai propri contascariche.

Per quanto riguarda gli aerogeneratori sarà previsto:

- dispersore intenzionale costituito da più anelli di terra realizzati su ogni piazzola che circoscrivono la torre dell' aerogeneratore in corda di rame nudo CU-ETP UNI 5649-71, di sezione da 50 a 70 mmq;
- collettori (o prese) di terra;
- conduttori di terra per il collegamento delle armature metalliche delle opere civili (dispersore di fatto) al dispersore intenzionale, nonché per i collegamenti dei collettori di terra, masse e masse estranee con il dispersore intenzionale;
- conduttori di protezione ed equipotenziali per i collegamenti fra masse o masse estranee e i collettori di terra.



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

5. CRITERI DI COSTRUZIONE

Esecuzione degli scavi

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per le linee BT;
- 0,8 m per i cavi MT (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m)

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicata in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada. In base alle precedenti considerazioni, si giustificano le sezioni adottate per gli scavi, rappresentate nelle Tavole allegate. Le sezioni di scavo includono oltre ai cavi a AT e MT, anche altre tubazioni opzionali per il passaggio di eventuali cavi a BT o di segnale in fibra ottica che dovessero rendersi necessarie, per il monitoraggio ed il controllo del parco eolico e la corda di terra. Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previo accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

Esecuzione di pozzetti e camerette ed esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

- si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine;
- Il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

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



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

Messa a terra dei rivestimenti metallici

Lo schermo dei cavi a MT deve essere messo a terra ad entrambe le estremità della linea. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto. Per i cavidotti di collegamento dal parco alla Sottostazione saranno previsti giunti speciali per atterramento e/o separazione dello schermo.

6. COESISTENZA FRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE INTERRATE

Parallelismi e incroci fra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione nominale, possono essere posati alla stessa profondità utilizzando tubazioni distinte, a una distanza di circa 3 volte il loro diametro. Tali prescrizioni valgono anche per incroci di cavi aventi uguale o diversa tensione nominale.

Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione, i cavi di energia devono, di norma, essere posati alla maggiore possibile distanza, e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono dislocare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, è ammesso posare i cavi in vicinanza, purché sia mantenuta fra i due cavi una distanza minima non inferiore a 0,30 m.

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

- cassetta metallica zincata a caldo;
- tubazione in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m. Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi. Nel caso che i cavi siano posati nello stesso manufatto, non è prescritta nessuna distanza minima da rispettare, purché sia evitata la possibilità di contatti meccanici diretti e siano dislocati in tubazioni diverse.



Incroci

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

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

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

Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato

La distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrato, adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi non deve essere inferiore a 0,30 metri.

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

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

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni adibite ad altro uso tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra i soggetti interessati, purché il cavo di energia e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili. L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino a un minimo di 0,30 metri, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico,



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Calcoli Preliminari degli Impianti	EO-SFE-PD-OEL-11
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

prolungato per almeno 0,30 metri per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (a esempio, lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 metri di larghezza ad essa periferica. Le distanze sopraindicate possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo fra i soggetti interessati, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

