




Proponente	EN. IT SRL Verona (VR), Via Francia 21/C, 37135 C.F. /IVA 04642500237 Telefono 0972 237126 - E-mail: amministrazione@enitgroup.eu					
Progettazione	Ing. Fabio Domenico Amico Via Milazzo, 17 - 40121 Bologna E-Mail: f.amico@readvisor.eu 	Studio Ambientali e Paesaggistico	ATECH srl Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari E-Mail: atechsrl@libero.it 			
Studio Incidenza Ambientale Flora fauna ed ecosistema	ATECH srl Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari E-Mail: atechsrl@libero.it 	Studio Acustico	ATECH srl Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari E-Mail: atechsrl@libero.it 			
Studio Archeologico	CAST s.c.r.l Dott.ssa Lucia CECI Via G. Suppa, 30 - 70122 Bari E-Mail: castarcheologia@gmail.com	Studio idraulico	ATECH srl Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari E-Mail: atechsrl@libero.it 			
Studio Geologico	dott. geol. Michele VALERIO Residence "Palium" - C.da Auricarro 70027 Palo del Colle (BA) E-Mail: va.michele@libero.it 					
Opera	Impianto Eolico composto da n.11 aerogeneratori aventi una potenza complessiva di 48 MW nel Comune di Brindisi (BR) alla Località "Maffei"					
Oggetto	Folder: Nome Elaborato: CalcoliPreImpianti Descrizione Elaborato: Calcoli preliminari degli impianti elettrici					
00	Novembre 2019	Emissione per progetto definitivo	S.C.	S.S.	F.D.	
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione	
Scala:	Codice Pratica 36PVT59					
Formato:						

Indice

1. DATI E CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE.....	1
2. POSA, LIVELLO DI TENSIONE E TIPO DI CAVO	2
3. MODALITÀ DI INSTALLAZIONE PROVE	4
4. CALCOLO DELLA PORTATA IN REGIME PERMANENTE e della massima caduta di tensione ammissibile	6
5. TIPOLOGIA DEL CAVO AT.....	9
6. ACCORGIMENTI PER LA DISPOSIZIONE DEI CAVI UNIPOLARI.....	11
7. CONCLUSIONI.....	11

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 1

1. DATI E CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE

1.1 Premessa

Oggetto della presente è il calcolo in regime permanente della portata dei cavi di media tensione per il collegamento del parco eolico sito in località “Maffei” in agro del Comune di Brindisi.

Il parco in progetto è formato da 11 aerogeneratori che si attestano ai quadri MT, ubicati nella sottostazione di trasformazione MT/ AT, connessa in antenna alla stazione elettrica RTN di Terna s.p.a. cui viene conferita l’energia prodotta.

I principali documenti e le indicazioni disponibili sono:


- a) caratteristiche degli aerogeneratori;
- b) elaborati planimetrici rappresentanti l’intero parco con l’ubicazione degli aerogeneratori di nuova installazione. Sugli stessi sono riportati anche i percorsi degli elettrodotti;
- c) Relazione Geologica;
- d) Tutti gli elementi non forniti sono stati dedotti e/ o assunti dalla letteratura e normativa tecnica o dai cataloghi tecnico-commerciali dei fabbricanti.

1.2 Norme e documentazione di riferimento

Si riportano di seguito i riferimenti dei principali documenti utilizzati:

- NORME CEI 11- 17, 11- 1 e 20- 21 (equivalenti a IEC 60287)
- catalogo e documentazione tecnica PRYSMIAN CAVI

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 2

- varia letteratura e documentazione tecnica.

I valori numerici derivanti dalla documentazione PRYSMIAN possono essere considerati validi, per gli elementi considerati, anche per altri prodotti equivalenti purché acquisiti da fabbricanti parimenti qualificati. Ciò in virtù della sostanziale equivalenza dei manufatti in questione la cui tecnologia costruttiva è ormai ben consolidata.

1.3 Dati principali

Dati relativi alle condizioni ambientali:


- Altezza sul livello del mare < 1000m ;
- Temperatura ambiente - 5 + 40°C;
- Temperatura media 25°C;
- Umidità relativa 90% ;
- Inquinamento leggero;
- Tipo di atmosfera non aggressiva;

Dati elettrici generali del sistema:

- Sistema trifase;
- Frequenza 50 Hz;
- Numero di fasi 3;
- Tensione nominale 30kV;
- Tipo di messa a terra del neutro: isolato

2. POSA, LIVELLO DI TENSIONE E TIPO DI CAVO

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 3

La tensione nominale del sistema, pari a 30kV, è stata scelta per limitare le perdite per effetto Joule nel trasporto dell'energia elettrica dagli aerogeneratori alla sottostazione utente.

Considerando cavi con materiale conduttore in alluminio un prodotto che è possibile utilizzare è il cavo ARE4H5E, oggetto della presente verifica.


Le principali caratteristiche costruttive sono:

- Cavo unipolare
- Tensione nominale: 18/30kV
- Anima: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttivo interno: Mescola estrusa
- Isolante: Mescola di polietilene reticolato (DIX 8)
- Semiconduttivo esterno: Messcola estrusa
- Rivestimento protettivo: Nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura: Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale ($R_{max} 3\Omega/km$)
- Guaina: Polietilene colore rosso (DMP 2)
- Temperatura di funzionamento in condizione ordinarie: 90°C
- Temperatura di funzionamento ammissibile in cortocircuito: 250°C

Il tipo di posa considerata è di tipo M (ovvero direttamente interrata con tegolo o lastra di CLS/altro materiale quale protezione meccanica addizionale.

In fase di rinterro vanno adottate tutte le cure e gli accorgimenti di rito al fine di evitare che i percorsi delle condutture elettriche divengano future vie di ruscellamento superficiale delle acque. Ciò avrebbe l'effetto di erodere gli strati di copertura delle sezioni di scavo. Inoltre col tempo le successive infiltrazioni di acqua potrebbero asportare la sabbia di riempimento trasformando l'elettrodotta in una sorta di "canale". Opportuni accorgimenti devono essere presi per fare sì che ciò non accada.

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 4

3. MODALITÀ DI INSTALLAZIONE PROVE

3.1 Prescrizioni per la posa dei cavi

In ottemperanza ai dettami della norma CEI 11- 17 sezione 4.3:


- “durante le operazioni di posa o di spostamento dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a 0°C”
- “durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme particolari dei costruttori, i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interne degli stessi, non devono essere inferiori a 12D (per cavi senza alcun rivestimento metallico) dove D è il diametro esterno del cavo”
- “gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori, per i quali d'altronde si raccomanda di non superare una sollecitazione di 50 N/mm² per conduttori di alluminio”

Le precauzioni riportate sono necessarie al fine di evitare che, durante le operazioni di posa, il cavo si danneggi e conseguentemente si alteri la capacità a svolgere il compito per cui è predisposto. Le stesse vanno integrate con quelle dei costruttori, riportare sulla documentazione tecnica a corredo dei prodotti che, qualora più restrittive, hanno valenza superiore. Inoltre è opportuno che l'installatore conservi e fornisca quanto necessario a dimostrare l'avvenuto rispetto delle prescrizioni in questione (per esempio le temperature e le condizioni presenti durante la posa e la permanenza in magazzino dei prodotti).

3.2 Accessori, terminazioni e giunzioni

Innanzitutto va detto che è sempre preferibile ridurre al minimo il numero delle giunzioni, solitamente punti deboli delle condutture. Allo scopo è necessario scegliere bobine con avvolta la pezzatura di cavo massima praticabile. In tutti i modi bisogna fare sì che, particolarmente per i tratti brevi, non vi siano giunzioni, ciò è più semplicemente fattibile effettuando ordinazioni mirate delle pezzature sulla base di misure reali.

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 5

In proposito si potrebbe rivelare conveniente l'impiego di conduttori multipolari avvolti ad elica visibile per i tratti brevi e di unipolari, che sono forniti anche con pezzature superiori al chilometro, per quelli lunghi.

Gli accessori dei cavi devono essere idonei a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio in condizioni ordinarie e anomale.

In particolare ai sensi della CEI 11-17 punto 7.1.3 devono poter sopportare le correnti di cortocircuito previste per la sezione dei conduttori, delle guaine e degli schermi dei cavi su cui vengono montati. Vale in proposito la considerazione riportata nella suddetta norma circa le prove necessarie a qualificare l'accessorio come idoneo.

La tensione di designazione degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema. Le terminazioni devono rispettare le prescrizioni dei produttori di quadri e aerogeneratori. Il giunto va adagiato sul fondo dello scavo in modo da avere nel piano di posa un supporto continuo per la sua intera lunghezza, quindi va ricoperto di uno strato di sabbia del tipo a bassa resistività, del tipo silicea preferibilmente verificata previa misura, aggiungendo altro materiale simile sino a sovrastare la sommità di almeno 10cm.

Il giunto deve essere contornato completamente e sui fianchi laterali e superiormente da un cassonetto di mattoni e sabbia del tipo indicato. L'ubicazione sarà segnalata sulla planimetrie riportanti il percorso dei cavi in modo tale che sia possibile una rapida e sicura individuazione futura. Auspicabile l'impiego di giunti autorestringenti che, a fronte di un costo superiore, sono di più semplice e rapida installazione e di prestazione funzionale superiore.

3.3 Prove

La norma CEI 11- 17 sezione 8 raccomanda che, prima della messa in servizio, sia eseguito un controllo allo scopo di assicurarsi che il montaggio degli accessori sia stato eseguito senza difetti e che i cavi non siano stati deteriorati durante la posa.

Per la descrizione delle prove da eseguire si rimanda alla sezione della norma citata.

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

4. CALCOLO DELLA PORTATA IN REGIME PERMANENTE E DELLA MASSIMA CADUTA DI TENSIONE AMMISSIBILE

I calcoli sono stati condotti in ottemperanza della norma CEI 11-17.

Come già detto, il cavo utilizzato in questi calcoli preliminari è il cavo ARE4H5E, le cui caratteristiche di resistenza, reattanza e portata con posa interrata a trifoglio sono illustrate nella seguente tabella.

CAVO		ARE4H5E COMPACT (alluminio)	
SEZIONE [mmq]	RESISTENZA AI [Ω/m]	REATTANZA [Ω/m]	PORTATA a trifoglio [A]
50	0,00083	0,00015	175
70	0,00058	0,00014	213
95	0,000416	0,00013	255
120	0,000333	0,00013	291
150	0,00027	0,00012	324
185	0,000218	0,00012	368
240	0,000168	0,00011	426
300	0,000136	0,00011	480
400	0,000109	0,00011	549
500	0,000089	0,0001	624
630	0,0000739	0,000099	709

I cavi MT sono suddivisi in 4 linee distinte che si collegano alla sottostazione utente, inoltre sono disposti in entra-esce sugli aerogeneratori per diminuire la lunghezza complessiva degli stessi.

È necessario dunque dimensionare i seguenti tratti in modo tale che siano in grado di trapostare le relative potenze rispettando sia il criterio elettrico che quello termico.

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

Descrizione Tratto	Lunghezza [m]	Potenza in transito [MW]
<i>wtg 4A-5A</i>	677	4,35
<i>wtg 5A-sse</i>	22235	8,7
<i>wtg 1A-2A</i>	757	4,35
<i>wtg 2A-3A</i>	757	8,7
<i>wtg 3A-sse</i>	19015	13,05
<i>wtg 1B-2B</i>	1336	4,35
<i>wtg 5B-2B</i>	2266	4,35
<i>wtg 2B-sse</i>	16503	13,05
<i>wtg 4B-3B</i>	769	4,35
<i>wtg 3B-6B</i>	1997	8,7
<i>wtg 6B-sse</i>	15766	13,05

4.1 Criterio Termico

Per soddisfare il criterio termico deve essere verificato che ogni tratto di cavo abbia una sezione tale che la sua portata sia sempre superiore alla corrente di impiego ad esso associata, in modo da non avere una perdita di vita utile del cavo stesso.

La corrente di impiego è data da:


$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi}$$

Dove:

- P: potenza attiva transitante sulla linea (W)
- V_n : tensione nominale (V)
- $\cos\varphi$: fattore di potenza (ipotizzato a 0.95)

È necessario quindi scegliere una sezione del cavo che abbia una portata superiore alla I_b .

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 8

4.2 Criterio Elettrico

Bisogna scegliere le sezioni adatte per ottenere una caduta di tensione complessiva per ogni linea inferiore al 4%.

La caduta di tensione in un singolo tratto è data da:

$$\Delta V\% = \sqrt{3} l \frac{I_b}{n} (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \frac{100}{V_n}$$

Dove:

- l: lunghezza del tratto considerato (m)
- I_b: corrente di impiego (A)
- n: conduttori per fase
- r: resistenza unitaria del cavo (Ω/m)
- x: reattanza unitaria del cavo (Ω/m)
- cosφ: fattore di potenza (ipotizzato a 0.95)
- V_n: tensione nominale (V)

Una volta ottenuti i risultati, per ogni tratto di linea si sceglie la più piccola sezione che soddisfa entrambi i criteri sopra descritti.

Per una questione economica e organizzativa si è scelto, rispettando sempre i criteri di dimensionamento, di utilizzare solo due tipologie di sezioni, ovvero quelle da 70 e 240mmq.

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

Le linee MT del parco eolico hanno dunque le seguenti dimensioni:

Descrizione Tratto	Lunghezza [m]	Sez. conduttore [mmq]
<i>wtg 4A-5A</i>	677	95
<i>wtg 5A-sse</i>	22235	300
<i>wtg 1A-2A</i>	757	95
<i>wtg 2A-3A</i>	757	95
<i>wtg 3A-sse</i>	19015	500
<i>wtg 1B-2B</i>	1336	95
<i>wtg 5B-2B</i>	2266	95
<i>wtg 2B-sse</i>	16503	500
<i>wtg 4B-3B</i>	769	95
<i>wtg 3B-6B</i>	1997	95
<i>wtg 6B-sse</i>	15766	500

5. TIPOLOGIA DEL CAVO AT

Il dimensionamento del cavo è stato effettuato per una capacità massima pari a 250 MW, idoneo per il trasporto dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico nonché da eventuali ulteriori progetti che condividano stallo e stazione utente. È pertanto previsto un elettrodotto in cavo interrato dalla lunghezza prevista di circa 200 m con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DI COSTRUZIONE

Materiale del conduttore

Aluminum


Isolamento

XLPE (chemical)

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

Tipo di conduttore	A 6 settori riuniti
Guaina metallica	Alluminio termofuso
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	
Diametro del conduttore	48,9mm
Sezione del conduttore	1600mm ²
Spessore del semi-conduttore interno	2,0mm
Spessore medio dell'isolante	15,8mm
Spessore del semi-conduttore esterno	1,3mm
Spessore guaina metallica, approx	,6mm
Spessore guaina	4,0mm
Diametro esterno nom.	100,0mm
Sezione schermo	180mm ²
Peso approssimativo	10kg/km
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Max tensione di funzionamento	170kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	1130A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	970A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa a trifoglio	1630A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa a trifoglio	1295A
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	1225A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	1050A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa in piano	1895A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa in piano	1515A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,019Ohm/km
Capacità nominale	0,3μF / km

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW

	Tipo: Documentazione di Progetto	
	Titolo: Relazione preliminare impianti elettrici	
	Rev. 0 – 14/11/2019	Pag. 11

Corrente ammissibile di corto circuito	20kA
Tensione operativa	150kV

6. ACCORGIMENTI PER LA DISPOSIZIONE DEI CAVI UNIPOLARI

I cavi unipolari sono da disporre in formazione a trifoglio in modo tale che sia realizzata, per ciascuna delle linee che dal quadro MT conducono alla torre capofila, una globale trasposizione. Ciò si realizza scambiando, in corrispondenza dei giunti, la posizione dei conduttori. È inoltre necessario rispettare, come da buona tecnica di posa, la vicinanza delle fasi tra gli elettrodotti affiancati.

7. CONCLUSIONI

L'intero sistema di elettroconduzione è stato dimensionato, in virtù delle ipotesi formulate e riportate in precedenza, allo scopo di ottenere le configurazioni ottimizzate migliori possibili sia in termini di sezioni di cavi sia di larghezza/profondità scavo che, infine, in termini di consumo e/o trasporto di materiali complementari (sabbia, rinterri, ecc).

Si rinnovano tutte le raccomandazioni riportate nel corpo della presente che sono da intendersi integralmente qui trascritte.

Ad esse si aggiunge che è opportuno verificare, in fase di esecuzione, il rispetto delle geometrie delle sezioni di elettodotto ed anche la scelta dei giunti e la loro esecuzione. Specialmente i giunti sono un aspetto molto delicato e da non sottovalutare, pertanto è imperativo l'impiego di materiali di ottima fattura prodotti da primaria marca riconosciuta a livello internazionale e che i giuntisti siano qualificati e forgiati da robusta esperienza.

Comune:	Brindisi	Provincia:	Brindisi
Denominazione:	Maffei	Potenza:	48.000 kW