



Nuovo impianto per la produzione di energia eolica “Sa Corredda” nei comuni di Sassari e Porto Torres (SS)

STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA
DELLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

Rev. 0.0

Data: 31 gennaio 2022

WIND006.REL005c_bis

Committente:

Ecowind 3 S.r.l.
via Alessandro Manzoni n. 30
20121 MILANO (MI)
C. F. e P. IVA: 11437650960
PEC: ecowind3sr@legalmail.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, Ltd
Unit 3.21, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.co.uk

Sommario

Sommario	3
1 GENERALITÀ	4
1.1 Descrizione del progetto.....	4
1.2 Descrizione sommaria della SSEU.....	5
2 LINEA IN CAVO AT 150kV DI CONNESSIONE ALLA RTN	6
2.1 Layout della connessione AT	6
2.1.1 Caratteristiche dei conduttori AT	6
2.1.2 Dimensionamento del cavo AT.....	7
2.1.3 Posa interrata del cavo AT: tipici delle sezioni di posa.	9

1 GENERALITÀ

1.1 Descrizione del progetto

Il presente progetto si occupa della connessione alla rete di trasmissione nazionale (RTN) di un parco eolico da 92,4 MW. L'impianto sarà del tipo grid-connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, salvo gli autoconsumi di centrale.

Si prevede l'installazione di n. **14** aerogeneratori con potenza nominale di **6,6 MW** ciascuno per una potenza nominale totale di **92,4 MW**.

L'impianto è suddiviso in 2 sezioni da 7 aerogeneratori ciascuna. Ogni sezione è ulteriormente suddivisa in 2 sottocampi secondo il seguente schema:

- Sezione 1:
 - Sottocampo 1
 - Aerogeneratore n. 2
 - Aerogeneratore n. 1
 - Aerogeneratore n. 7
 - Sottocampo 3
 - Aerogeneratore n. 5
 - Aerogeneratore n. 3
 - Aerogeneratore n. 4
 - Aerogeneratore n. 6
- Sezione 2:
 - Sottocampo 2
 - Aerogeneratore n. 10
 - Aerogeneratore n. 8
 - Aerogeneratore n. 9
 - Sottocampo 4
 - Aerogeneratore n. 14
 - Aerogeneratore n. 11
 - Aerogeneratore n. 12
 - Aerogeneratore n. 13

Lo schema di collegamento degli aerogeneratori è riportato sul documento di progetto WIND006.ELB008c.

Ai 4 sottocampi corrispondono **4 linee MT a 30 kV in cavo unipolare ARP1H5(AR)E interrato** che collegano l'impianto alla sottostazione MT/AT (step-up).

All'interno di ciascun sottocampo, gli aerogeneratori sono collegati tra loro, con distribuzione radiale, mediante linee **MT a 30 kV in cavo ARP1H5EX tripolare elicordato interrato**.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) fornita da Terna S.p.A. prevede che l'impianto in questione sia connesso in antenna alla RTN a 150 kV attraverso la Stazione Elettrica (SE)

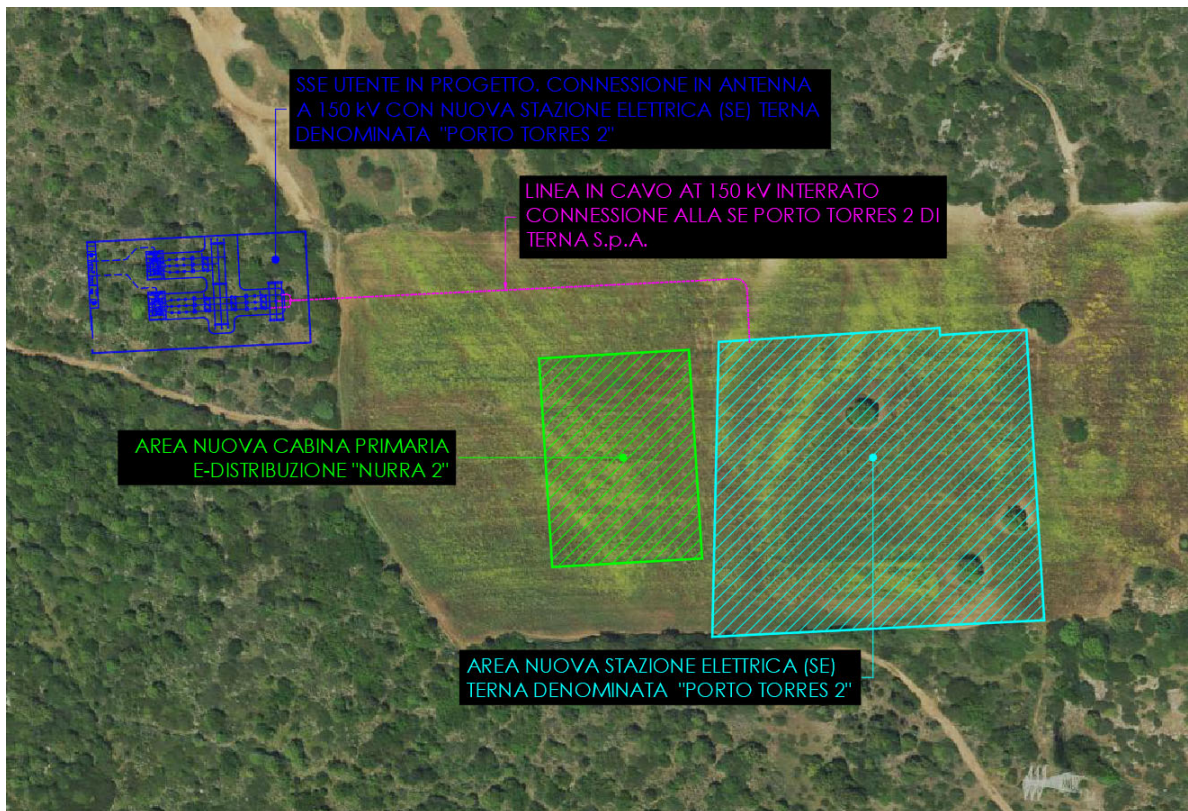
denominata "Porto Torres 2" (SE Porto Torres 2). Per connettere l'impianto alla SE Porto Torres 2 è necessario che il proponente realizzi una sottostazione di trasformazione MT/AT (step-up o SSEU). Le opere necessarie alla connessione in rete, contenute all'interno della SSEU, sono trattate in maniera dettagliata nel documento WIND006.REL005c.

Tramite la SSEU, l'impianto sarà collegato in antenna alla SE Porto Torres 2 di Terna S.p.a. Tale collegamento sarà effettuato mediante una linea AT 150 kV interrata di lunghezza pari e circa 200 metri. La presente relazione descrive la suddetta linea interrata che rappresenta, di fatto, l'unica opera di rete, esterna alle pertinenze del produttore, da realizzare per connettere l'impianto eolico in esame alla RTN a 150 kV.

1.2 Descrizione sommaria della SSEU

La cabina di step-up MT/AT di competenza del Proponente (SSEU), sarà realizzata in prossimità della nuova stazione elettrica "SE Porto Torres 2" di Terna S.p.A.

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso la cabina di step-up MT/AT, connessa alla rete di trasmissione nazionale. La step-up riceve a 30 kV l'energia prodotta dall'impianto eolico tramite una cabina MT posta all'interno dell'area della step-up stessa. Successivamente l'energia collettata viene innalzata al livello di tensione della RTN 150kV tramite due trasformatori 150/30 kV della potenza di 45-63 MVA (ONAN-ONAF). Dai trasformatori si diparte lo stallo AT, costituito da organi di misura, protezione e sezionamento in AT isolati in aria. Nei documenti di progetto WIND006.ELB011b e WIND006.ELB011c sono riportate la pianta, la sezione e gli inquadramenti della SSEU in questione. Sugli schemi unifilari (WIND006.ELB008b), sono descritte le apparecchiature che compongono la SSEU. Una trattazione dettagliata della SSEU è riportata nel documento di progetto WIND006.REL005c. Nella figura che segue è rappresentata la disposizione in pianta della SSEU, della linea di connessione interrata in cavo AT e della SE Porto Torres 2 di Terna S.p.A.



Rappresentazione planimetrica opere di rete

2 LINEA IN CAVO AT 150kV DI CONNESSIONE ALLA RTN

2.1.1 Layout della connessione AT

La connessione alla rete verrà realizzata con una configurazione in antenna alla SE Porto Torres 2, tramite un cavo interrato con tensione di esercizio a 150 kV e lunghezza pari a circa 200 m di proprietà del proponente. Il cavo AT raccoglierà la potenza prodotta dal parco eolico per immetterla nelle sbarre AT della SE Terna, che è a sua volta interconnessa con la rete di trasmissione nazionale (RTN). Nei paragrafi seguenti sono descritte le caratteristiche di tale collegamento

2.1.2 Caratteristiche dei conduttori AT

Di seguito si riassumono le caratteristiche salienti del cavo AT che connette la stazione MT/AT del Produttore alla Cabina Primaria di proprietà e-distribuzione.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	
Tipo del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE
Schermo	nastro di rame
Guaina esterna	Politene (PE)
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	

Diametro del conduttore	23 mm
Sezione	400 mm ²
Spessore medio dell'isolante	20 mm
Spessore guaina	4 mm
Diametro esterno max	86 mm
Sezione schermo	95 mm ²
Formazione	A trifoglio
Massa a unità di lunghezza	6050 kg/km
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Tensione di esercizio	150 kV
Max tensione di funzionamento	170 kV
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	522 A
Resistenza elettrica schermo	0,200 Ω/km
Raggio minimo di curvatura	1,59 m
Resistenza in c.c. a 20°C del conduttore	0,0778 Ω/km
Capacità nominale	0,133 μF / km
Induttanza	0.437 mH/km (posa a trifoglio)
Corrente ammissibile di corto circuito	38,3 kA · 1 s
Messa a terra degli schermi posa a trifoglio	Assenza di correnti di circolazione. Connessione schermi metallici: Single Point Bonding

2.1.3 Dimensionamento del cavo AT

La linea in progetto sarà realizzata tramite una tratta di cavo interrato, principalmente in configurazione a trifoglio, tranne nelle zone di attraversamento e di attestazione ai colonnini passanti, nelle quali la posa sarà in piano. Il cavo non sarà percorso da correnti di circolazione verso terra per il tipo di connessione adottata: **schermo connesso da un solo estremo** (Single Point Bonding).

Per le sue caratteristiche di lunghezza, anche con tensione di 150 kV, può essere considerata sicuramente una "linea corta", pertanto con parametri trasversali trascurabili (che per completezza sono stati comunque calcolati).

CALCOLO PARAMETRI DELLA LINEA IN CAVO AT			
	Simboli	valori	Unità di misura
Frequenza	f	50	Hz
Sezione conduttore	Sc	400	mm ²
Diametro del conduttore	Dc	23	mm
Diametro esterno del cavo	De	79,5	mm
Lunghezza della tratta	L	0,105	km
Resistività Al	ρ	28,4	Ω mm ² / km

Incremento resistenza (perdite addizionali)	δr	10	%
Distanza fra i conduttori	dc	23	mm
resistenza unitaria	r	0,060	Ω/km
reattanza unitaria	x	0,437	Ω/km

Per la portata è stata considerata quella inerente la sezione della tratta, con la modalità di posa a trifoglio, dai parametri si deduce inoltre che, per il cavo in oggetto la caduta di tensione e la perdita di potenza sono trascurabili.

Con tali valori, la potenza teorica trasmissibile è:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 135,62 \text{ MVA}$$

Le macchine sono gestite con inverter aventi capacità di gestione del $\cos\varphi$ con inseguimento del valore unitario. Anche nell'ipotesi di $\cos\varphi = 0,8$ abbiamo:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = 108,5 \text{ MW}$$

Pertanto la portata del cavo previsto in progetto è sufficiente per la potenza massima dell'impianto che è pari a **92,4 MW**.

Rimane da verificare la caduta di tensione.

Con la lunghezza della linea prevista (circa 200 m), applicando la formula per la linea corta, abbiamo:

$$\Delta U = I \cdot L \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi)$$

Con i parametri di linea:

$$I = 355,64 \text{ A}$$

$$U = 150000 \text{ V}$$

$$r = 0,0778 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$x = 0,437 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$\cos\varphi = 0,8$$

$$\sin\varphi = 0,6$$

Si ottiene:

$$\Delta U \% = \frac{[100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi)]}{U}$$

$$\Delta U \% = \frac{[100 \cdot \sqrt{3} \cdot 355,64 \cdot 0,2 \cdot (0,0778 \cdot 0,8 + 0,437 \cdot 0,6)]}{150000} = 0,0266\%$$

ed è pertanto trascurabile.

Cavi con sezione inferiore non sono ammissibili per la tenuta al corto circuito richiesta dal Gestore, in ogni caso le perdite minime dovute alla caduta di tensione trascurabile, rappresentano una elevata efficienza energetica in termini del rendimento della linea.

2.1.4 Posa interrata del cavo AT: tipici delle sezioni di posa.

Il cavo AT, a valle dei colonnini passanti, è interrato ad una profondità di 1,7 m con disposizione a trifoglio. La posa sarà direttamente interrata con protezione meccanica mediante piastre di protezione in c.a.v. UX LK20/1 e UX LK20/3 posizionate sia lateralmente che superiormente al cavo stesso.

Il cavo sarà inglobato in un magrone di cemento UX LK50.

A 0,3 metri dalla piastra di protezione superiore sarà posto un nastro monitor.

La finitura superficiale dello scavo sarà in CLS armato, per il tratto interno alla SSEU e alla SE Terna, e in terreno di riporto, proveniente dallo stesso scavo, per la parte esterna alla SSEU fino all'ingresso alla SE Terna. Nelle figure seguenti sono rappresentati i tipici delle sezioni di cavidotto AT.

2.1.1 Considerazioni di carattere economico.

La realizzazione della linea interrata di connessione alla RTN a 150kV è stata valutata nel corpo del prezzo della Sottostazione Elettrica Utente (SSEU). Si riporta integralmente di seguito la voce di computo:

Fornitura e posa in opera di Sottostazione Elettrica Utente di trasformazione MT/AT completa.

n. 2 trasformatori AT/MT con le seguenti caratteristiche:

<i>Tipo di servizio</i>	<i>continuo</i>
<i>Raffreddamento</i>	<i>ONAN/ONAF</i>
<i>Potenza nominale</i>	<i>63/80 MVA</i>
<i>Tensioni a vuoto</i>	
<i>Primario</i>	<i>150±10x1,2%</i>
<i>Secondario</i>	<i>30 kV</i>
<i>Frequenza</i>	<i>50 Hz</i>
<i>Connessione</i>	<i>Stella/triangolo</i>
<i>Gruppo di connessione</i>	<i>YNd11</i>
<i>Tensione di cortocircuito</i>	<i>12</i>
<i>Isolamento a tensione a frequenza industriale:</i>	
<i>Primario</i>	<i>275 kV</i>
<i>Neutro del primario</i>	<i>95 kV</i>
<i>Secondario</i>	<i>70 kV</i>

Regolazione di tensione

Il trasformatore sarà provvisto di regolazione di tensione sotto carico mediante regolatore collocato sull'avvolgimento primario. Il regolatore avrà 21 posizioni con variazioni del 12 % della tensione nominale (1,8 kV) ottenendo un range di variazione 132-168kV.

Raffreddamento

Il raffreddamento si ottiene tramite radiatori e ventilatori azionati da termostato.

Protezioni

- un indicatore magnetico di livello di olio con allarme per livello minimo;

- valvola di apertura di sovrappressione e allarme;
- relè Buchholz con contatti di allarme e apertura;
- termometro con indicazione di temperatura dell'olio con 4 contatti puliti per ventilazione forzata, allarme temperatura, apertura interruttore e segnalazione interruttore aperto.

n. 6 scaricatori di sovratensioni con le seguenti caratteristiche:

Tensione di servizio continuo U_c (fase-terra)	108 kV
Tensione di innesco U_r (fase-terra)	144 kV
Tensione massima transitoria (1 s) TOV1s (fase-terra)	167 kV
Tensione massima residua (10 kA, 8/20 ms)	339 kV
Corrente nominale di scarica	10 kA

n. 9 TA induttivi lato AT (protezioni) con le seguenti caratteristiche:

Classe di misura	0,2/0,5/1,0
Grado di protezione (IEC 60144).....	IP 54
Rapporti	300-600/1-1-1A
Nuclei	3
Prestazione/Classe.....	10 VA, cl. 0,2, FS<10
Prestazione	20VA, 5P20/20 VA, 5P20
Corrente Massima Permanente	1.2 IN A

n. 3 interruttori di protezione generale (DG) di cui uno svolge anche la funzione di dispositivo di interfaccia (DDI) con le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale	170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale	3000A
Max tensione di prova tra fase e terra:	
Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, 1 min	325 kV
Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, (1.2/50ms)	750 kV
Max tensione di prova sulla distanza di sezionamento:	
Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, 1 min	375 kV
Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, (1.2/50ms)	860 kV
Corrente nominale di breve durata (3s)	40 kA
Corrente nominale di picco	100kA
Perdita annua gas	< 1%
Potere di interruzione nominale in corto circuito	40kA / 50 Hz
Potere di interruzione nominale in corto circuito.....	40kA / 60 Hz
Potere di stabilimento nominale di picco in corto circuito.....	100kA
Interruzione di correnti induttive su linea vuoto.....	63A
Interruzione di correnti capacitive su cavi a vuoto.....	160A
Comando.....	azionamento tripolare a molla/unipolare a molla
Tipo di comando	BLK222/BLK82
Sequenza nominale di operazioni.....	O-0.3s-CO-1min.-CO
Tempo di apertura	<=25ms
Tempo d'interruzione (50 Hz)	<=47ms
Tempo di chiusura	<=42ms
Tensione nominale di alimentazione dei circuiti ausiliari	110VDC

n. 9 TV (6 induttivi e 3 capacitivi) con le seguenti caratteristiche:

Tensione massima	170 kV
Tensione a impulso atmosferico (1.2/50ms)	750 kV
Tensione a frequenza industriale	325 kV
Frequenza	50 Hz
Rapporto di trasformazione	150000:Ö3 / 100:Ö3 V

Potenze e classi di precisione (misura e protezione):

Primo nucleo	50 VA; 0,5
Secondo nucleo	50 VA; 3P

Potenze e classi di precisione (fatturazione)

Primo nucleo	50 VA; 0,2
--------------------	------------

n. 4 sezionatori di linea con le seguenti caratteristiche:

Tensione massima	170 kV
Tensione a impulso atmosferico (1.2/50ms):	
A terra e tra poli (val. cresta)	750 kV
Sulla distanza di sezionamento (val. cresta)	860 kV
Tensione a frequenza industriale:	
A terra e tra poli (val. cresta)	325 kV
Sulla distanza di sezionamento (val. cresta)	375 kV
Corrente massima	2000 A
Massima corrente di breve durata (1 s) (val. efficace)	31,5 kA
Massima corrente di breve durata (1 s) (val. cresta)	80 kA
Tempo di apertura	$\leq 1,5$ s
Tensione di controllo e azionamento del motore	110 Vcc
Tensione riscaldamento.....	230 Vca
Collegamenti AT realizzati con corda di alluminio Dn=36mm	
Sbarre AT realizzate con tubo di alluminio Dn=100/86 mm	
Cavo AT di collegamento alla SE Porto Torres 2 con le seguenti caratteristiche:	
CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	
Tipo del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE
Schermo	nastro di rame
Guaina esterna	Politene (PE)
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	
Diametro del conduttore	23 mm
Sezione	400 mm ²
Spessore medio dell'isolante	20 mm
Spessore guaina	4 mm
Diametro esterno max	86 mm
Sezione schermo	95 mm ²
Formazione	A trifoglio
Massa a unità di lunghezza	6050 kg/km
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	
Tensione di esercizio	150 kV
Max tensione di funzionamento	170 kV
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	522 A
Resistenza elettrica schermo	0,200 Ω /km
Raggio minimo di curvatura	1,59 m
Resistenza in c.c. a 20°C del conduttore	0,0778 Ω /km
Capacità nominale	0,133 μ F / km
Induttanza	0.437 mH/km (posa a trifoglio)
Corrente ammissibile di corto circuito	38,3 kA · 1 s
Messa a terra degli schermi posa a trifoglio schermi metallici: Single Point Bonding	Assenza di correnti di circolazione. Connessione
Comprese opere civili per la sistemazione dei piazzali interni, per la realizzazione del sistema di contenimento dell'olio dei trasformatori in caso di rottura degli stessi. Compresa la chiusura perimetrale con recinzione in CLS di tipo ventilato altezza totale 2,5 metri. Compreso ogni onere e magistero per una lavorazione secondo le direttive TERNA e secondo la regola dell'arte.	

L'importo complessivo per le opere sopra descritte è stato valutato in **€ 3'000'000,00 (euro tre milioni/00)**. Il terreno sul quale sarà inserita la SSEU ha un valore medio di 20'000 €/ha da cui si ottiene un importo di 6'000 euro totali.