



Comune di Nuoro

Regione Sardegna



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "INTERMONTES" NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI NUORO PROGETTO DEFINITIVO

EDP Renewables Italia Holding s.r.l.

Via Roberto Lepetit 8/10

20124 - Milano

Tel +39 02 669 6966

C.F. e P.IVA IT01832190035



PROPONENTE

9 -OPERE ELETTRICHE

PTO ELETTRODOTTI DI IMPIANTO

OGGETTO

TIMBRI E FIRME



**STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI**

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO

VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI

TEL. +39 011 43 77 242

studiorosso@legalmail.it

info@sria.it

www.sria.it

dott. ing. Roberto SESENNA
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino
Posizione n.8530J
Cod. Fisc. SSN RRT 75B12 C665C

dott. ing. Luca DEMURTAS
Ordine degli Ingegneri Provincia di Cagliari
Posizione n.5500
Cod. Fisc. DMR GGF 75L27 E441L

dott. ing. Fabio AMBROGIO
Ordine degli Ingegneri di Torino
Posizione n.23B
Cod. Fisc. MBR FBA 78M03 B594K

Coordinatore e responsabile delle attività:



Studio Gioed

VIA IS MIRRIONIS N. 178 - 09121 - CAGLIARI

Dott. ing. Giorgio Efsio DEMURTAS

CONSULENZA

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	GEN/2022
COD. LAVORO	492/SR21
TIPOLOGIA LAVORO	D
SETTORE	G
N. ATTIVITA'	09
TIPOLOGIA ELAB.	RT
TIPOLOGIA DOC.	E
ID ELABORATO	2
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Fabio AMBROGIO

CONTROLLATO

ing. Roberto SESENNA

APPROVATO

Dott. ing. Giorgio DEMURTAS

SCALA: -

ELABORATO
9.2

INDICE

1	SCOPO DEL DOCUMENTO	2
2	RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI	2
3	RETE DI MEDIA TENSIONE	2
3.1	CARATTERISTICHE DEI CAVI	4
3.2	DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE	5
3.3	FATTORE DI CORREZIONE DELL'INTENSITÀ DI CORRENTE	5
3.4	CANALIZZAZIONE DEI CAVI-CAVIDOTTI	7
4	DESCRIZIONE RETE DI TERRA	8
5	CADUTE DI TENSIONE E PERDITE DI POTENZA	8
6	PARTICOLARE CIRCUITI DI MEDIA TENSIONE	10

1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica illustrativa, le scelte ed i calcoli preliminari della rete elettrica di media tensione necessaria al collegamento degli aerogeneratori alla sottostazione elettrica di trasformazione 30/150 kV della costruenda centrale eolica nel comune di Nuoro (NU).

In particolare nel comune di Nuoro è prevista l'installazione di 13 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6 MW cadauno e la costruzione della stazione di trasformazione 30/150 kV.

La potenza totale dell'impianto sarà di 78 MW.

La soluzione tecnica di connessione (codice pratica 202002044) del parco eolico "Intermontes" prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana".

Il collegamento tra l'uscita del cavo dalla stazione utente e lo stallo "arrivo produttore" a 150 kV assegnato in stazione elettrica RTN 150 kV, sarà realizzato mediante una linea interrata composta da una terna di cavi a 150 kV in alluminio di sezione 500 mmq con isolamento in XLPE (ARE4H1H5E 87/150 kV) per una lunghezza pari a circa 100 m.

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 81-8, CEI 0-2, CEI 0-3;
- Connessione alla rete: CEI 0-16, CEI EN 50160, AEEG 84-12
- Impianti di terra: CEI 11-1
- Cavidotti e cavi: CEI 20-21, CEI 11-17, DPR 16/12/ 92 N. 945 con successivi chiarimenti e deroghe, CEI EN 50086-2-4,

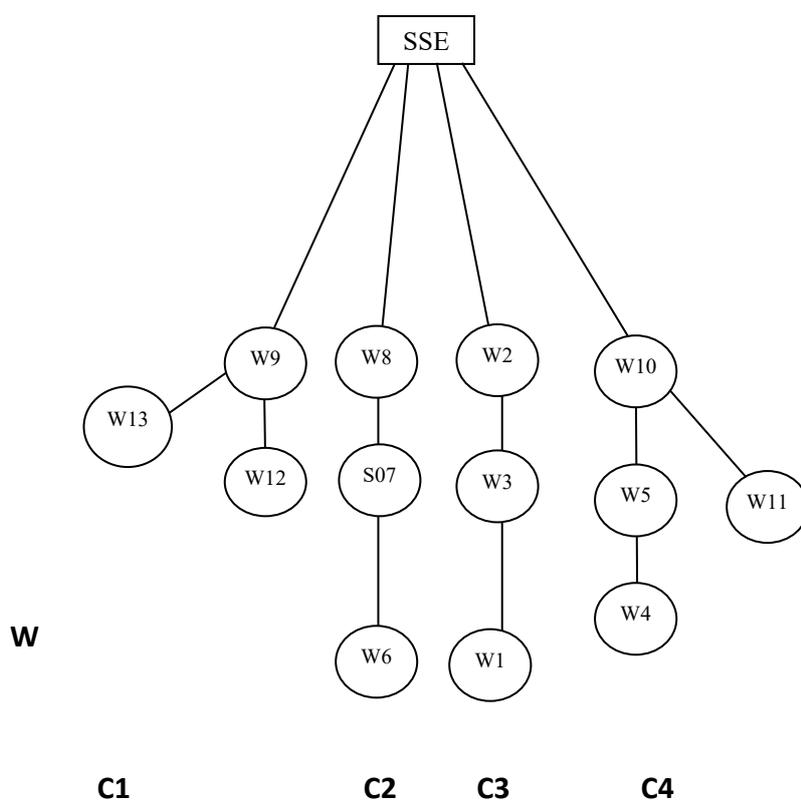
3 RETE DI MEDIA TENSIONE

Il Parco eolico sarà costituito da quattro sottocampi principali composti rispettivamente da 3 e 4 aerogeneratori. La rete di media tensione a 30 kV che convoglierà l'energia dai singoli aerogeneratori verso la sottostazione di trasformazione 30/150 kV, sarà formata da elettrodotti realizzati per mezzo di cavo interrato.

Sinteticamente i circuiti saranno formati nel seguente modo:

Circuito	Aerogeneratori	MW	Sezione Tipo (mm2)
1	WTG 9, WTG 12, WTG 13	18	150, 630
2	WTG 6, WTG 7, WTG 8	18	150, 240, 630
3	WTG 1, WTG 2, WTG 3	18	150, 240, 630
4	WTG 4, WTG 5, WTG 10, WTG 11	24	150, 240, 630

Tabella 1 – Dettaglio circuiti



*SSE: Sottostazione di trasformazione e connessione 30/150 kV

Il collegamento avrà termine sotto gli scomparti di arrivo e protezione di ognuno dei circuiti nella sala quadri MT della sottostazione. Gli scomparti saranno collegati in parallelo tra loro.

I cavi saranno posizionati principalmente lungo il margine delle strade interne ed esterne al parco, cercando di minimizzare il percorso in modo da ridurre la lunghezza dei cavi impiegati, le cadute di tensione e le perdite di energia lungo gli stessi.

3.1 CARATTERISTICHE DEI CAVI

La rete di 30 Kv sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari tipo (A)RG7H1R 18/30 kV o tripolare tipo (A)RG7H1OR 18/30 kV, adatti alla tensione di 30kV.

I cavi saranno isolati con miscela di gomma sintetica a base di HEPR, rispondenti alle norme CEI 20-11, qualità G7, schermo a fili di rame rosso e guaina esterna in pvc con strati estrusi di materiale elastomerico semiconduttore applicati tra il conduttore e l'isolante e tra l'isolante e lo schermo.

Descrizione del cavo

Anima Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

Semiconduttivo interno Elastomerico estruso

Isolante Miscela speciale di gomma ad alto modulo

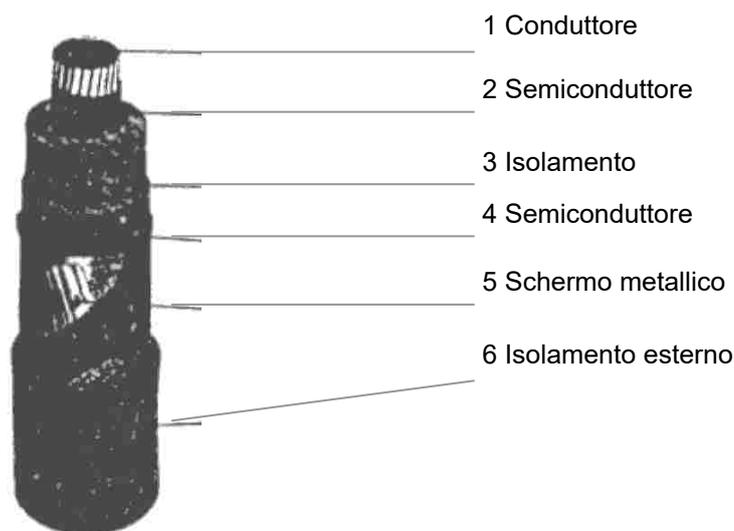
Semiconduttivo esterno Elastomerico estruso pelabile a freddo

Schermatura A filo di rame rosso

Guaina AFUMEX, colore rosso

Tensione 18/30 kV

La seguente figura mostra la conformazione fisica del cavo:



Il cavo dovrà rispettare le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante mentre per tutte le altre caratteristiche dovrà rispettare le prescrizioni della CEI 20-13

3.2 DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE

Per la determinazione della sezione si considerano:

- La corrente massima ammissibile per il cavo in servizio permanente
- La corrente massima ammissibile in cortocircuito per un tempo determinato.
- Caduta di tensione ammissibile per ciascun circuito: criterio $\Delta V \leq 3,0\%$
- Perdita di potenza totale de parco eolico: criterio $\Delta P \leq 2,0 \%$

La portata I_z di un cavo con una determinata sezione e isolante è notevolmente influenzata dalle condizioni di installazione. Nella posa interrata la portata può variare in funzione della profondità di posa, della resistività e della temperatura del terreno. Aumentando la profondità di posa, con temperatura del terreno invariata, la portata di un cavo si riduce. Questo si spiega perché aumentando la profondità di interramento, maggiore diventa lo spessore di terreno che il calore, prodotto per effetto joule dal cavo, deve superare per giungere alla superficie. La portata dipende però anche dalla resistività e dalla temperatura del terreno che aumentano verso la superficie, soprattutto nei periodi estivi, vanificando in tal modo i benefici che si possono ottenere a profondità di posa minori (un buon compromesso sembra essere una profondità di posa variabile tra 0,5 m e 0,8 m). La portata di un cavo interrato diminuisce anche in caso di promiscuità con altre condutture elettriche e l'influenza termica tra i cavi aumenta sensibilmente se sono posati in terra piuttosto che in aria (solo se i cavi interrati sono posati a distanze superiori ad un metro la mutua influenza si riduce).

3.3 FATTORE DI CORREZIONE DELL'INTENSITÀ DI CORRENTE

Per conduttori raggruppati

Per terne di cavi raggruppati si considera :

 nostro caso	N° cavi nel cavidotto interrato		
	2	3	4
Cavi con una separazione di 7 cm ⁽¹⁾	0,85	0,75	0,68
In contatto	0,80	0,70	0,64

(1) Spessore approssimato di un mattone

Per cavi in tubo

Per cavi posati in tubo interrato

Lunghezza ≤ 15 m non si applica coefficiente correttivo

Lunghezza ≥ 15 m: si applica il coefficiente 0,8.

Si installerà una terna per tubo con una relazione $\varnothing_{\text{tubo}} \geq 2 \varnothing_{\text{apparente della terna}}$

Nota: In questo progetto si useranno tubi di diametro 200 mm
(per la sezione maggiore dei cavi utilizzati si ha :

$$\varnothing_{\text{apparente della terna}} = \frac{3 + \sqrt{3}}{3} \cdot \varnothing_{\text{cable}} = \frac{3 + \sqrt{3}}{3} \cdot 54,5 \text{ mm} = 86 \text{ mm})$$

Per profondità di interramento

Nel caso si debba interrare lo stesso cavo a profondità diverse si applicheranno i seguenti fattori correttivi:

Profondità di installazione (cm)	70	100	120	150	200
Fattore:	1,03	1	0,98	0,96	0,94

In questo progetto si dovrebbe considerare un interramento medio di 1,0 m e un coefficiente correttivo di 1,02, in realtà non si considera, supponendo una compensazione con il coefficiente minore di 1 che si dovrebbe considerare per temperatura ambiente nel periodo estivo (paragrafo successivo)

Per temperatura ambiente

Temperatura del terreno °C	Coefficiente di correzione
10	1,11
15	1,07
20	1,04
25	1,00
30	0,96
35	0,92
40	0,88
50	0,78

Tabella 2 – Coefficiente di correzione per temperatura ambiente

Il sito ha una temperatura ambiente minore di 25 °C ma non si applica il fattore correttivo (ipotesi conservativa). Per il periodo estivo non si applica il fattore correttivo che andrebbe a compensarsi con quello maggiore di 1 della profondità di interramento e non considerato.

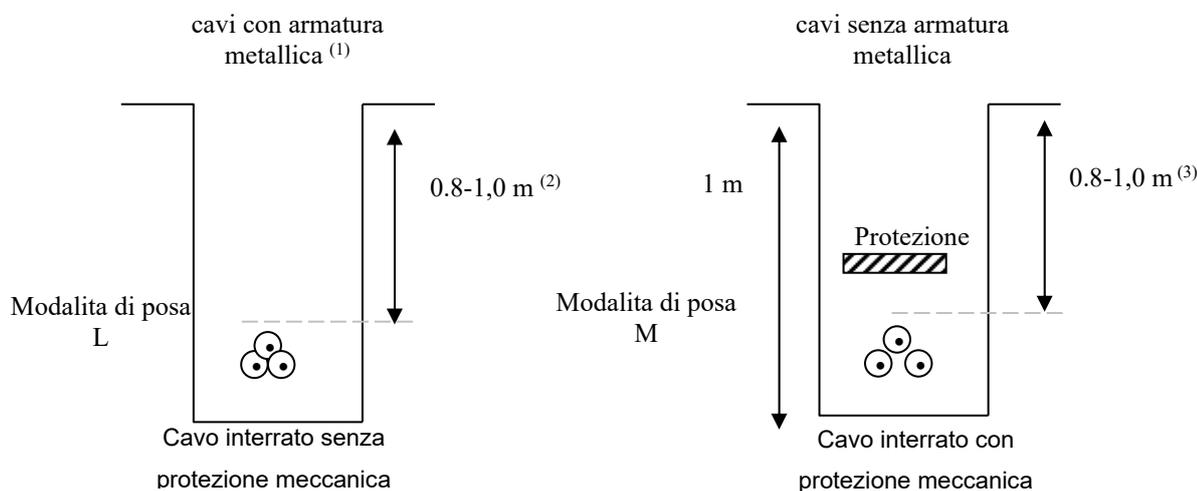
3.4 CANALIZZAZIONE DEI CAVI-CAVIDOTTI

Il fattore che limita la capacità di trasporto di energia di un cavo, è la minore o maggiore difficoltà con la quale questo dissipa il calore associato alle perdite elettriche. Per questa ragione è consigliabile installare i cavi in contatto diretto con il terreno, in modo che l'umidità del suolo contribuisca positivamente alla dispersione del calore.

Questa umidità si forma con maggiore facilità alle profondità più elevate, ma comunque una maggiore profondità rende difficile la dissipazione del calore nell'ambiente. Per questo conviene raggiungere un compromesso tra i due estremi.

Per reti di media tensione è pratica abituale interrare alla profondità di circa 1,2 m. Per reti di 2ª categoria (M.T. ≤ 30 kV) (CEI 11-17, paragrafo 2.3.11).

4.3.1 linee elettriche: tutti gli elettrodotti di nuova realizzazione devono essere obbligatoriamente interrati, e posizionati ad almeno 1 m di profondità, opportunamente protetti, accessibili nei punti di giunzione e convenientemente segnalati;



- (1) **Armatura metallica spessore minimo di 0,8 mm**
 (2) **Senza armatura metallica la profondità passerà a 1,7 m.**
 (3) **Con protezione meccanica si ha:**
 - **0,6 m per terreno privato**
 - **0,8 m per terreno pubblico**

Nel presente progetto si considera:

- La profondità del cavidotto a 1,2 -1,4m.
- Distanza superficie terreno-cavo a 1 m.

I cavidotti impiegati sono illustrati nella relativa tavola. Nello stesso cavidotto si poseranno i cavi di energia, quelli di comunicazione in fibra ottica e il conduttore di terra.

Durante le operazioni di posa non si devono creare raggi di curvatura minimi inferiori a 12D dove D è il diametro esterno del conduttore (CEI 17-11 paragrafo 2.3.03). In questo progetto si considera il criterio:

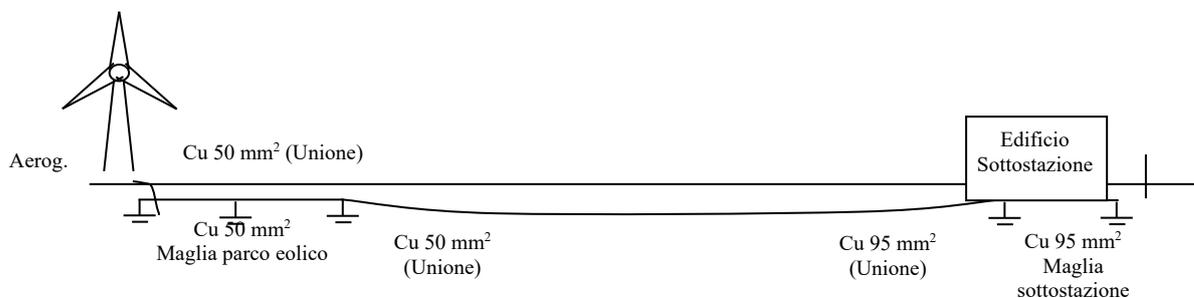
Raggio di curvatura > 10 (D+d)

Dove d è il diametro del conduttore interno. Si noti che risulta $10 (D+d) > 12D$ per i cavi considerati.

4 DESCRIZIONE RETE DI TERRA

La rete di terra unirà le singole maglie di messa a terra degli aerogeneratori con la rete di terra della sottostazione in modo tale da costituire un'unica struttura equipotenziale.

La rete sarà formata da un conduttore nudo Cu 50 mm² che sarà posato interrato negli stessi scavi delle linee in cavo e in anello attorno alle torri degli aerogeneratori.



5 CADUTE DI TENSIONE E PERDITE DI POTENZA

Posto che sarà scopo del progetto esecutivo definire in maniera più dettagliata il dimensionamento dei cavi, in questo paragrafo si riporta una valutazione preliminare delle cadute di tensione e delle perdite di potenza nella rete MT.

La scelta della sezione sarà 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 terre affiancate nello stesso scavo. Nella fattispecie si è optato per una scelta progettuale in cui il cavidotto sarà sempre costituito da una singola terna in tutte le 2 tratte in cui è suddiviso.

Cadute di tensione massima .

La si avrà nel circuito 2 **2,43 %**

Perdite di potenza rete MT

La perdita sarà di 1.420 KW, che su un totale di 78 MW rappresenta il **1,82 %** di potenza persa.

6 PARTICOLARE CIRCUITI DI MEDIA TENSIONE

Circuito 1

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	Ib	Cavo	Iz* (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG 13-WTG 9	6000	1740	115	150	322	0,267	0,310	0,310	18,58
WTG 9-SSE	18000	13876	346	630	704	0,0662	1,837	2,147	330,69

Circuito 1.1

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	Ib	Cavo	Iz* (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG 13-WTG 9	6000	760	81	95	253	0,267	0,386	0,386	23,19

Circuito 2

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	Ib	Cavo	Iz* (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG6-WTG 7	6000	1635	115	150	322	0,267	0,291	0,291	17,46
WTG 7-WTG 8	12000	915	231	240	423	0,164	0,200	0,491	24,01
WTG 8-SSE	18000	14666	346	630	704	0,0662	1,942	2,433	349,52

Circuito 3

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	Ib	Cavo	Iz* (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG 1-WTG 3	6000	2685	115	150	322	0,267	0,267	0,267	0,267
WTG 3-WTG 2	12000	1470	231	240	423	0,164	0,164	0,164	0,164
WTG 2-SSE	18000	8970	346	630	704	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662

Circuito 4

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	Ib	Cavo	Iz* (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG 4-WTG 5	6000	4140	115	150	322	0,267	0,737	0,737	44,22
WTG 5-WTG 10	12000	2780	231	240	423	0,164	0,608	1,345	72,95
WTG 10-SSE	24000	5910	462	630	704	0,0662	1,043	2,388	250,39

Circuito 4.1

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	Ib	Cavo	Iz* (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG 11-WTG 10	6000	735	115	150	322	0,267	0,131	0,131	7,85

Tabella 3 – Particolare circuiti MT