



Comune di  
Siurgus Donigala  
Regione Sardegna



Comune di  
Selegas  
Regione Sardegna



**NUOVO IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA  
"PRANU NIEDDU" NEI COMUNI DI SIURGUS DONIGALA E SELEGAS (SU)**

**PROGETTO DEFINITIVO - VER. 2**

PROPONENTE

**SIURGUS s.r.l.**

Via Michelangelo Buonarroti, 39  
20145 - Milano  
C.F. e P.IVA 11189260968  
PEC: siurgus@pec.it

OGGETTO

**9 - OPERE ELETTRICHE**

**PTO ELETTRODOTTI DI IMPIANTO**

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](mailto:studiorosso@legalmail.it)  
[info@sria.it](mailto:info@sria.it)  
[www.sria.it](http://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.6062  
Cod. Fisc. DMR LCU 77E10 E441L

dott. ing. Giorgio Efisio Demurtas  
Ordine degli Ingegneri di Cagliari  
Posizione n.5500  
Cod. Fisc. DMR GGF 75L27 E441L

CONSULENZA

Coordinatore e responsabile delle attività: Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

 **Studio Gioed**

Consulenza studi ambientali: dott. for. Piero RUBIU



**SIATER s.r.l.** VIA CASULA N. 7 - 07100 - SASSARI

VIA IS MIRRIONIS N. 55 - 09121 - CAGLIARI

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	APR/2022
COD. LAVORO	519/SR
TIPOLOGIA LAVORO	D
SETTORE	G
N. ATTIVITA'	09
TIPOLOGIA ELAB.	RT
TIPOLOGIA DOC.	E
ID ELABORATO	02
VERSIONE	2

REDATTO

ing. Roberto SESENNA

CONTROLLATO

Dott. ing. Giorgio Efisio DEMURTAS

APPROVATO

ing. Luca DEMURTAS

ELABORATO

**V.9.2**



## INDICE

<b>1</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>RETE DI MEDIA TENSIONE</b> .....	<b>2</b>
3.1	CARATTERISTICHE DEI CAVI .....	3
3.2	DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE .....	4
3.3	FATTORE DI CORREZIONE DELL'INTENSITÀ DI CORRENTE .....	5
3.4	CANALIZZAZIONE DEI CAVI-CAVIDOTTI .....	6
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE RETE DI TERRA</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>CADUTE DI TENSIONE E PERDITE DI POTENZA</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>PARTICOLARE CIRCUITI DI MEDIA TENSIONE</b> .....	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>PRINCIPALI INTERFERENZE</b> .....	<b>10</b>
7.1	INTERFERENZA CON I CENTRI URBANI .....	12



## 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 nei comuni di Siurgus Donigala, Senorbi, Suelli e Selegas.

In particolare nel comune di Siurgus Donigala è prevista l'installazione di 13 aerogeneratori mentre nel comune di Selegas si prevede la costruzione della stazione di trasformazione 30/150 kV.

La centrale sarà quindi costituita da n. 13 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,6 MW cadauno per una potenza totale di 85,8 MW.

La soluzione tecnica di connessione (codice pratica 201900759) del parco eolico "Pranu Nieddu" prevede il collegamento in antenna a 150 kV con una nuova Stazione elettrica (SE) della RTN denominata Selegas (di cui al piano di sviluppo di Terna) in corrispondenza dell'incrocio delle direttici "Goni-Santu-Miali" e "Villasor-Nurri" previa realizzazione di una serie di interventi previsti e meglio dettagliati nella soluzione tecnica di connessione allegata.

La connessione con la RTN avverrà attraverso il collegamento del montante della sottostazione utente con le sbarre in un area comune dove confluirà l'energia elettrica generata da un altro produttore. Il collegamento tra l'uscita del cavo dall'area comune" 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 con isolamento in XLPE (ARE4H1H5E 87/150 kV) per una lunghezza pari a circa 200 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 (mm <sup>2</sup> )
1	WTG11, WTG12, WTG14	19,8	95,630
2	WTG10, WTG06, WTG09	19,8	95,300,630
3	WTG07, WTG08, WTG04, WTG02	26,4	95,300,630
4	WTG05, WTG03, WTG01	19,8	95,300,630

*Tabella 1 – Dettaglio circuiti*

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.

Maggiori dettagli sul collegamenti degli aerogeneratori sono riportati nella relativa tavola in allegato.

### 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 mescola 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** Mescola speciale di gomma ad alto modulo

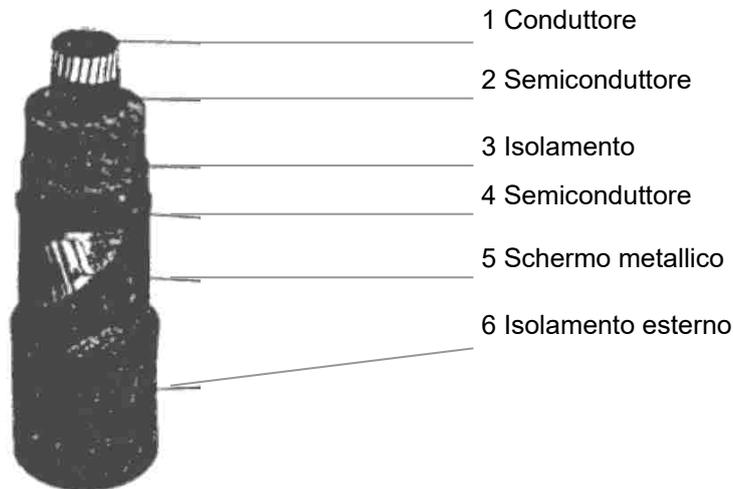
**Semiconduttivo esterno** Elastomerico estruso pelabile a freddo

**Schermatura** A filo di rame rosso

**Guaina** AFUMEX, colore rosso

**Tensione** 18/30 kV

La seguente figura mostra la conformazione fisica del cavo:



*Figura 1 Particolare cavo MT*

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  $\Delta V \leq 3,5\%$
- Perdita di potenza totale de parco eolico: criterio  $\Delta P \leq 2,5\%$

La portata I<sub>z</sub> 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 <sup>(1)</sup>	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  $\leq 15$  m non si applica coefficiente correttivo

Lunghezza  $\geq 15$  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 :

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

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 interrimento 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 interrimento 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;

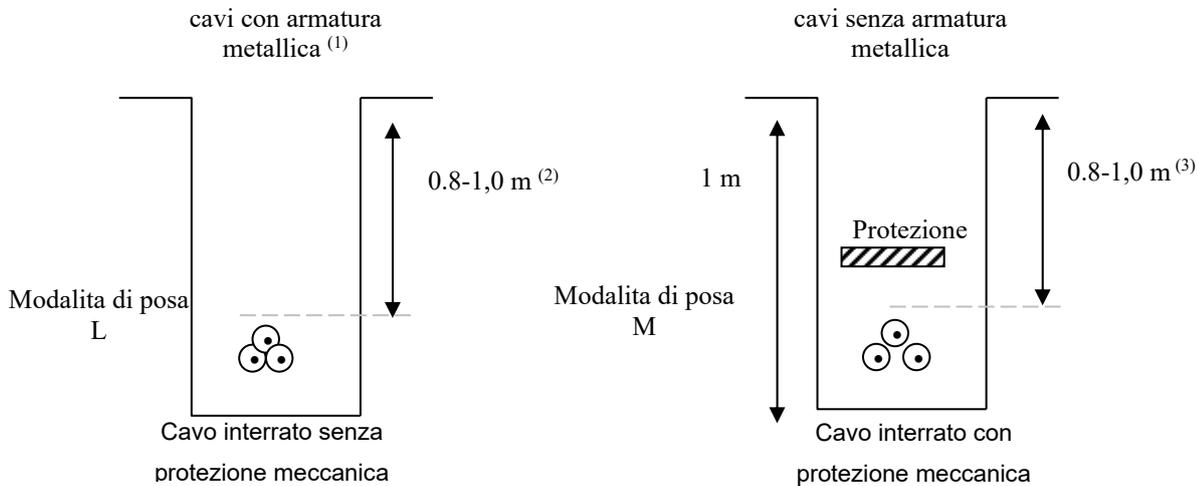


Figura 2 Particolare cavidotti MT

- (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 m.
- 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 mm<sup>2</sup> che sarà posato interrato negli stessi scavi delle linee in cavo e in anello attorno alle torri degli aerogeneratori.

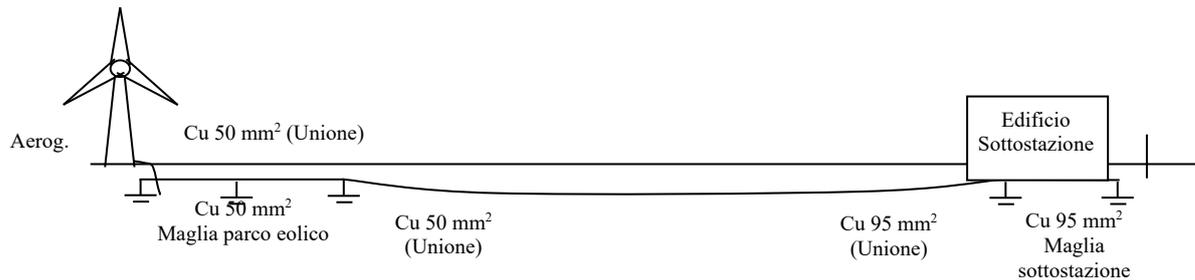


Figura 3 Particolare rete di terra

## 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      **3,28 %**

### Perdite di potenza rete MT

La perdita sarà di 1.890 KW, che su un totale di 85.800 KW rappresenta il **2,2 %** di potenza persa.



## 6 PARTICOLARE CIRCUITI DI MEDIA TENSIONE

### Circuito 1

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	I <sub>b</sub>	Cavo	I <sub>z</sub> <sup>*</sup> (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG11-WTG12	6600	807	127	95	253	0,412	0,244	0,244	16,09
WTG12-WTG14	13200	8473	254	630	704	0,0662	0,823	1,066	108,59
WTG14-SSE	19800	14199	381	630	704	0,0662	2,068	3,134	409,45

### Circuito 2

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	I <sub>b</sub>	Cavo	I <sub>z</sub> <sup>*</sup> (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG10-WTG06	6600	1885	127	95	253	0,412	0,570	0,570	37,59
WTG06-WTG09	13200	5046	254	300	478	0,132	0,977	1,546	128,95
WTG09-SSE	19800	11846	381	630	704	0,0662	1,725	3,272	341,60

### Circuito 3

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	I <sub>b</sub>	Cavo	I <sub>z</sub> <sup>*</sup> (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG07-WTG08	6600	1806	127	95	253	0,412	0,546	0,546	36,01
WTG08-WTG04	13200	2189	254	300	478	0,132	0,424	0,969	55,94
WTG04-WTG02	19800	1091	381	630	704	0,0662	0,159	1,128	31,46
WTG02-SSE	26400	6786	508	630	704	0,0662	1,318	2,446	347,89

### Circuito 4

CIRCUITO	P (KW)	L(m)	I <sub>b</sub>	Cavo	I <sub>z</sub> <sup>*</sup> (A)	R (Ω/km)	ΔV R (%)	ΔV TOT (%)	P.PERD (kW)
WTG05-WTG03	6600	1155	127	95	253	0,412	0,349	0,349	23,03
WTG03-WTG01	13200	1301	254	300	478	0,132	0,252	0,601	33,25
WTG01-SSE	19800	11101	381	630	704	0,0662	1,617	2,218	320,12

Tabella 3 – Particolare circuiti MT



## 7 PRINCIPALI INTERFERENZE

Il cavidotto di connessione in media tensione tra le WTG, e le WTG e la sottostazione di collegamento con la rete di trasmissione nazionale risulta essere interferente principalmente con:

- SS128;
- Ferrovia dell'ARST;
- Gora Paretta;
- Gora Santu Giorgi;
- Riu Crobu;
- Riu Cannisoni;
- Riu Sa Muta;
- Sarriu de is Callorus;
- Riu Norizzi
- Riu Corongiu;
- Bau Castangedda ;
- Riu Sa Murta (Subalveo);
- Riu Figulana (Subalveo);;
- Riu Murru de Callus (Subalveo);

Tali interferenze saranno risolte attraverso la realizzazione, per ogni attraversamento, di un sottopasso ricavato tramite una trivellazione orizzontale controllata (TOC) tranne in quei corsi d'acqua minori dove si potranno realizzare degli attraversamenti in subalveo.

La Tecnica TOC consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante una trivellazione eseguita da un'apposita macchina che permette di controllare l'andamento plano-altimetrico della perforazione tramite radio-controllo.

La lavorazione può essere suddivisa in due fasi.

- la prima è quella della perforazione per la realizzazione del "foro pilota", in cui il termine "pilota" sta ad indicare che la perforazione è controllata, ossia "pilotata". La "sonda radio" montata sulla punta di perforazione emette delle onde radio che indicano millimetricamente la posizione della punta stessa. I dati rilevabili e sui quali si può interagire sono:

- Altezza;



- Inclinazione;

- Direzione;

Il foro pilota viene realizzato lungo tutto il tracciato della perforazione da un lato all'altro dell'impedimento che si vuole superare (condotta). La punta di perforazione viene spinta dentro il terreno attraverso delle aste cave metalliche, abbastanza elastiche così da permettere la realizzazione di curve altimetriche. All'interno delle aste viene fatta scorrere dell'aria ad alta pressione ed acqua.

L'acqua contribuirà sia al raffreddamento della punta che alla lubrificazione della stessa, l'aria invece permetterà lo spurgo del materiale perforato ed in caso di terreni rocciosi, ad alimentare il martello "fondo-foro".

La seconda fase della perforazione teleguidata è l'allargamento del "foro pilota", che permette di posare all'interno del foro, debitamente aumentato, un tubo camicia o una composizione di tubi camicia in PEAD.

L'allargamento del foro pilota avviene attraverso l'ausilio di strumenti chiamati "Alesatori". Essi vengono montati al posto della punta di perforazione e tirati a ritroso. Contemporaneamente all'alesaggio, si ha l'infilaggio del/i tubo/i camicia all'interno del foro alesato.

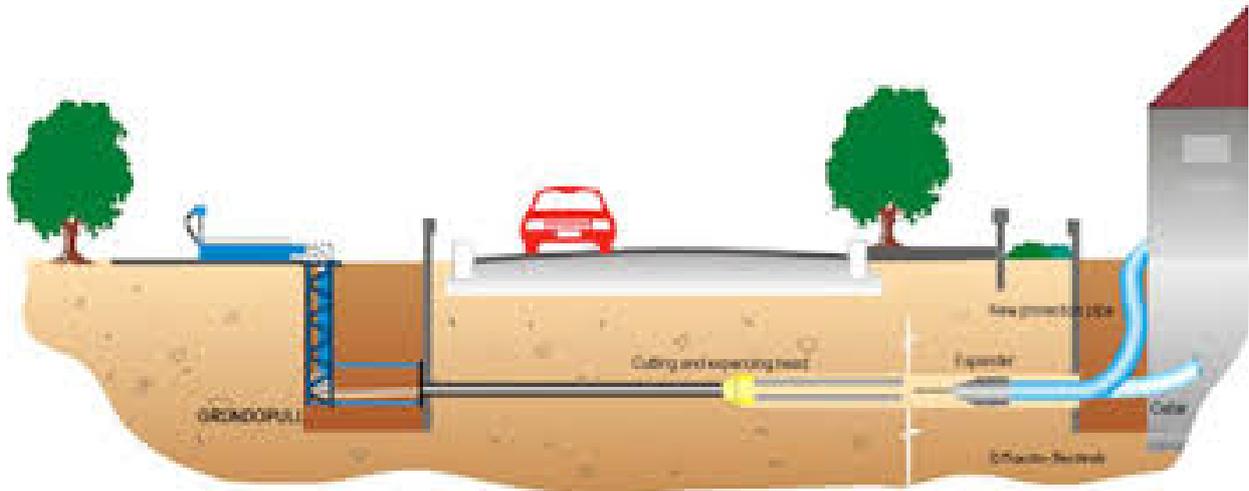
In particolare l'attraversamento in questione sarà realizzato con la tecnica della trivellazione teleguidata con la posa di tubi guaina in polietilene ad alta densità (PEAD) avente diametro nominale di 250 mm per l'infilaggio della terna di cavi di potenza e diametro 50mm per l'infilaggio della fibra ottica e della corda di rame per la rete di terra.

Tali tubazioni garantiranno la protezione delle reti che saranno inserite al loro interno. In fase di realizzazione, causa esigenze costruttive (difficoltà di infilaggio dei cavi e/o natura del terreno), potranno essere utilizzati tubi guaina di dimensioni leggermente maggiori.

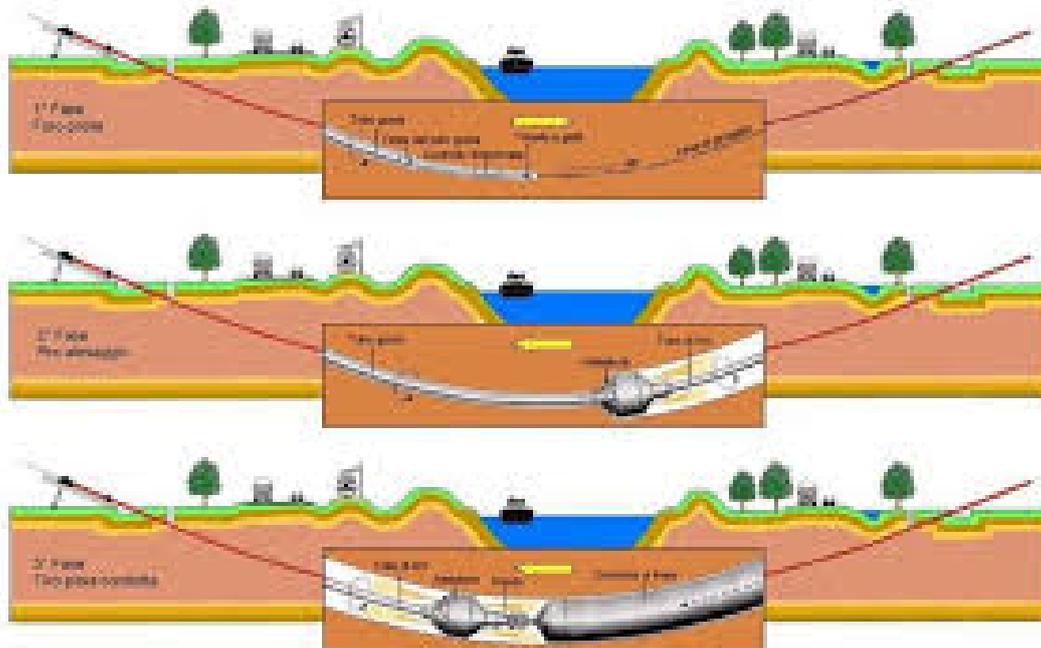
Le interferenze delle opere del Parco eolico con la viabilità Statale (SS293) come studiate, sono ridotte e tali da non prevedere interventi significativi di adeguamento, sia per gli accessi temporaneamente da adeguare e sia per quanto riguarda l'attraversamento della rete di servizio in Alta Tensione.

La rete in Media Tensione di collegamento tra le WTG interne al Parco Eolico, sarà realizzata mediante un sottopasso realizzato con una Trivellazione Orizzontale Controllata, non invasiva e non interferente con il traffico veicolare.

Nella pagina seguente sono riportate alcune immagini tipo di attraversamenti mediante tecnica TOC.



*Figura 4 Particolare attraversamento stradai*



*Figura 5 Particolare attraversamento corso d'acqua*

**7.1 INTERFERENZA CON I CENTRI URBANI**

L'interferenza con i centri urbani di Sisini e Suelli avverrà principalmente nelle strade periferiche in modo da ridurre al minimo i disagi per la popolazione ed il traffico veicolare. Prima della stesura del cavidotto il suo percorso verrà esaminato attraverso il georadar in modo da individuare i sottoservizi (idrici, fognari ed elettrici) e non interferire con gli stessi.