

REGIONE  
TOSCANA



**REGIONE TOSCANA**  
**CITTÀ METROPOLITANA DI FIRENZE**  
COMUNE DI FIRENZUOLA



**OGGETTO**

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 4 AEROGENERATORI DA 6,0 MW CIASCUNO PER UNA POTENZA COMPLESSIVA PARI A 24 MW DENOMINATO "BORDIGAIE" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI FIRENZUOLA (FI) IN LOCALITÀ CONFIENTI E DELLE OPERE CONNESSE E INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI ALL'ESERCIZIO DELLE STESSE SITE NEL COMUNE DI FIRENZUOLA (FI)

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROPONENTE**



**TITOLO**

RELAZIONE SULLE INTERFERENZE

**PROGETTISTA**

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

**Collaboratori**

Ing. Giocchino Ruisi

Ing. Francesco Lipari

Dott. Andrea Licata

Ing. Giuseppina Brucato

Dott. Haritiana Ratsimba

Barbara Gorgone

Arch. Eugenio Azzarello

Dott. Agr. e For. Michele Virzi

Arch. Irene Romano

Dott. Agr. e For. Martina Affronti

**CODICE ELABORATO**

SKF\_R\_07\_A\_D\_I\_1

SCALA

n° Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

**Rif. PROGETTO**

N. | | | | | | | | | |

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3	INTRODUZIONE AL PROGETTO .....	4
3.1	Descrizione del tracciato del cavidotto di connessione.....	6
4	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA .....	7
4.1	Caratteristiche dei cavi di potenza .....	7
4.2	Caratteristiche sezioni e tipici di posa cavidotti .....	8
5	TIPOLOGIE DI INTERFERENZE.....	12
5.1	Individuazione delle interferenze.....	13
5.2	Risoluzione interferenze .....	15
5.2.1	Attraversamento corsi d'acqua.....	15
5.2.2	Superamento sottoservizi .....	21
5.2.3	Interferenza con Gasdotti.....	38
5.2.4	Presenza di linee elettriche .....	39
5.2.5	Interferenze con rete di comunicazione elettronica .....	39
5.2.6	Attraversamento condotte idriche .....	39
6	DESCRIZIONE GENERALE DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.).....	40
6.1	Esecuzione del foro pilota .....	42
6.2	Alesatura del foro.....	43
6.3	Tiro e posa della tubazione .....	44



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la **Relazione sulle Interferenze**, parte integrante del Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno, per una potenza nominale complessiva di 24 MW. Ogni aerogeneratore, servito da un piazzale di sosta e manovra, è collegato agli altri mediante piste di accesso (in parte su tracciati viari già esistenti) necessarie tanto all'attività di realizzazione che di successiva manutenzione dell'impianto. Un cavidotto interrato in media tensione collegherà le turbine alla SSE Utente di Trasformazione 30/132 kV, da quest'ultima tramite la nuova SE a 132 KV denominata "La Futa" già in fase di autorizzazione un cavidotto interrato AT collegherà la SSE Utente di Trasformazione alla nuova Stazione Elettrica (SE) e quindi alla RTN.

L'area interessata dal parco eolico ricade nella Città Metropolitana di Firenze e più specificatamente nel territorio comunale di Firenzuola (FI), il cavidotto di connessione in media tensione ricade interamente nel comune di Firenzuola (FI). La SSE utente di trasformazione, il cavidotto AT e la nuova stazione di connessione alla RTN denominata "La Futa" ricadono nel territorio comunale di Firenzuola (FI).

L'azienda proponente l'iniziativa fa parte del gruppo **Statkraft**, società internazionale leader nel settore idroelettrico e il più grande produttore di energia rinnovabile in Europa. Il Gruppo produce energia idroelettrica, eolica, solare, da gas e fornisce teleriscaldamento. Statkraft è un'azienda globale nella gestione dei mercati elettrici e conta oltre 6000 dipendenti in più di 20 paesi tra cui l'Italia.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si elencano i principali riferimenti legislativi e normativi per la realizzazione del presente progetto:

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Testo Unico dell'edilizia - D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380;
- D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità;
- DL 9 aprile 2008 n°81 "Tutela della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- Normativa CEI di settore;



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

- DPR 447/91: "Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990 in materia di sicurezza degli impianti";
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- D.lgs. n. 259 del 2003 "Codice delle comunicazioni elettroniche" e ss.mm.ii;
- Norma CEI 11-17 *"Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo"*;
- Norma CEI 211-4/1996 *"Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"*;
- Norma CEI 211-6/2001 *"Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo"*
- Norma CEI 11-17/2006 *"Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo"*;
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Decreto del Ministero dell'Interno del 24/11/1984 e s.m.i. *"Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con densità non superiore a 0,8"*;
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 17/04/2008 *"Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8"*;

Trovano comunque applicazione le norme di buona tecnica emanate dai relativi enti di unificazione italiani ed internazionali.

### 3 INTRODUZIONE AL PROGETTO

Il parco eolico in progetto e le infrastrutture indispensabili all'esercizio dello stesso ricadono nel territorio comunale di Firenzuola (FI), il cavidotto di connessione in media tensione ricade nella Città Metropolitana di Firenze (ex Provincia di Firenze). La SSE utente di trasformazione, il cavidotto AT



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

e la nuova stazione di connessione alla RTN denominata "La Futa" ricadono nel territorio comunale di Firenzuola (FI).

Con riferimento alla cartografia della serie IGM 25V in scala 1:25000 il parco eolico (inteso come l'insieme degli aerogeneratori e delle piste che li collegano) e le relative opere di trasformazione e connessione alla RTN ricadono nel Foglio 098 II-NO.

In relazione alla Carta Tecnica Regionale della Toscana in scala 1:10000 il parco eolico (inteso come l'insieme degli aerogeneratori e delle piste che li collegano) e le opere di trasformazione e connessione ricadono nei Fogli 252030, 252040, 252070, 252080 e 252120.

Il sito del parco eolico, si colloca a circa 10 km a nord-ovest del centro abitato di Firenzuola (FI) e a circa 1,5 km a Nord da Bruscoli, frazione del comune di Firenzuola (FI), esso è facilmente raggiungibile percorrendo l'autostrada A1 uscendo in corrispondenza di via Ginestrella e continuando su SP59 in direzione Bruscoli, infine proseguendo per tratti di viabilità locale che portano all'accesso degli aerogeneratori.

Il sito di impianto è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare-montuosa; le quote altimetriche sono comprese tra i 955 m s.l.m. della WTG03 ed i 1050 m s.l.m. della WTG02. Le aree destinate al collocamento delle postazioni macchina sono principalmente adibite a prati stabili (foraggiere permanenti).

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva che permette di identificare; modello, denominazione e posizione geografica degli aerogeneratori che compongono il Parco eolico di progetto.

Tabella 1. Inquadramento geografico-catastale

INQUADRAMENTO TERRITORIALE		
	PARCO EOLICO	PUNTO DI CONNESSIONE
Località impianto	Confienti (FI)	SS della Futa (FI)
Comuni interessati	Firenzuola (FI)	Firenzuola (FI)
Inquadramento CTR	252030 252040 252070 252080 252120	252080 252120
Inquadramento IGM	098 II-NO	098 II-NO
CARATTERISTICHE DELLE TURBINE		
Modello	Vestas V162 o similare/equivalente	
Potenza nominale	6,0 MW	
Dimensioni	Altezza del mozzo dal piano di campagna: fino a 119 m	



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Diametro del rotore fino a 162 m						
Altezza totale dell'aerogeneratore: fino a 200 m						
NUMERO E LOCALIZZAZIONE DELLE TURBINE						
Codice turbina	Comune	Foglio	Particella	Coordinate WGS84 (Lat. - Long.)		Quota (m s.l.m.)
FI 01	Firenzuola (FI)	94	10	44° 9'24.08"N	11°14'41.42"E	988
FI 02	Firenzuola (FI)	94	3	44° 9'25.28"N	11°15'12.73"E	1050
FI 03	Firenzuola (FI)	94	13	44° 9'7.86"N	11°15'4.60"E	955
FI 04	Firenzuola (FI)	95	6	44° 9'3.57"N	11°15'34.43"E	1047

### 3.1 Descrizione del tracciato del cavidotto di connessione

Il tracciato del cavidotto è stato definito secondo i seguenti criteri progettuali:

- Contenere, per quanto possibile, la lunghezza del tracciato sia per occupare la minore porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico-economica;
- Evitare, per quanto possibile, nuclei e centri abitati, tenendo conto delle eventuali trasformazioni ed espansioni future;
- Minimizzare le interferenze con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- Rispettare le distanze minime prescritte dalla normativa vigente da case sparse e isolate;
- Transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità già esistente.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei cavidotti MT e AT, con indicizzazioni sulle strade percorse e tipologia sedime.

TRACCIATO DEL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE				
Comune	Strada percorsa	Tipologia di sedime	Distanza [m]	Tipologia di cavidotto
Firenzuola (FI)	nuova strada	piazzale/pista	67,62	MT
	via Bruscoli Chiesa	sterrato	422,40	
	nuova strada	piazzale/pista	276,75	
	via Bruscoli Chiesa	sterrato	235,77	
	via Bruscoli Chiesa	asfalto	508,55	
	nuova strada	piazzale/pista	214,24	



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 7

	via Bruscoli Chiesa	asfalto	200,59	
	n.r.	sterrato	928,57	
	nuova strada	piazzale/pista	271,36	
	via Bruscoli Chiesa	asfalto	476,86	
	n.r.	terreno agricolo	102,00	
	n.r.	asfalto	451,19	
	via Bruscoli Casenuove	asfalto	278,63	
	SP 59	asfalto	922,72	
	via Bruscoli Cerdello	asfalto	523,70	
	n.r.	terreno agricolo	376,52	
	SP 59	asfalto	4504,95	
	SS 55	asfalto	1195,46	
	n.r.	piazzale/pista	58,56	
	n.r.	pista	61,04	
	SS 55	asfalto	555,10	AT
Lunghezza totale cavidotto in media tensione: 12.016,44 m				
Lunghezza totale cavidotto in alta tensione: 616,14 m				

Lungo il percorso si evidenziano alcune deviazioni dalle strade esistenti su percorsi esterni alle stesse, al fine di rendere minimi gli impatti nelle zone con più elevata presenza di attività antropica, o per agevolare la posa dei cavi.

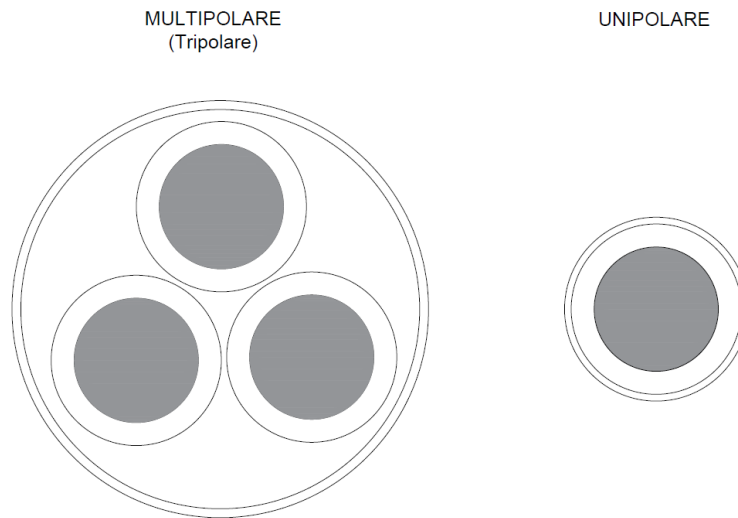
## 4 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

### 4.1 Caratteristiche dei cavi di potenza

I cavi di potenza utilizzati, potranno essere del tipo con isolamento estruso. Il conduttore potrà essere in rame o in alluminio. Il tipico della sezione di questi cavi è riportato nella figura seguente.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).



*Figura 1 - Tipico cavo di potenza - conduttore metallico (in grigio), isolamento XLPE estruso ed isolamento esterno in polietilene*

Si precisa che i cavidotti utilizzati sono costituiti da:

- Conduttore;
- Semiconduttore interno;
- Isolamento;
- Semiconduttore esterno;
- Barriera longitudinale;
- Schermo e barriera radiale;
- Guaina.

Questi strati favoriscono un'elevata resistenza all'abrasione, alla lacerazione, ai raggi UV, all'ozono, all'acqua, non favoriscono la propagazione della fiamma, riducono lo sviluppo di fumi, assenza di alogeni e resistenza agli agenti atmosferici.

#### **4.2 Caratteristiche sezioni e tipici di posa cavidotti**

Il tracciato dei cavidotti sarà previsto lungo la viabilità esistente per ridurre quanto più possibile l'impatto e limitare le aree di intervento. I cavi di potenza, in assenza di interferenze, saranno di norma posati in trincea. Le sezioni di posa potranno variare in funzione del sedime stradale interessato, dei sottoservizi presenti e delle modalità di attraversamento da adottare.

La trincea verrà realizzata in funzione della tipologia di piano di posa interessato:





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 9

- Terreno agricolo/coltivato;
- Terreno;
- Strada sterrata;
- Strada asfaltata.

I cavidotti saranno posati e annegati all'interno di materiale di classe A1, a circa 10 cm dal fondo dello scavo.

Per le installazioni in trincea al di sotto del sedime stradale i cavi saranno posati per tratte successive, e le buche giunti verranno localizzate o in corrispondenza delle piazzole di sosta presenti lungo il percorso o in altri siti attigui alla carreggiata o comunque in punti tali da poter assicurare al transito, in linea generale, almeno metà della carreggiata, limitando al massimo i disagi indotti.

Di seguito vengono mostrate le sezioni ed i tipici di scavo e posa su terreno agricolo/coltivato, terreno vegetale, strade sterrate e strade asfaltate, dei cavidotti 30 kV e AT. Per maggiori informazioni sui tipici di posa cavidotto consultare la tavola dei particolari costruttivi: *SKF\_T\_41\_A\_D\_A\_1\_Particolari costruttivi - Sezioni tipo cavidotti 30 kV* e *SKF\_T\_63\_A\_D\_A\_1\_Particolari costruttivi - sezioni tipo cavidotto AT*. Nello specifico verranno riportate nella presente relazione a titolo esemplificativo le sezioni tipo cavidotto 30 kV a quattro terne e i cavidotti AT a una terna.

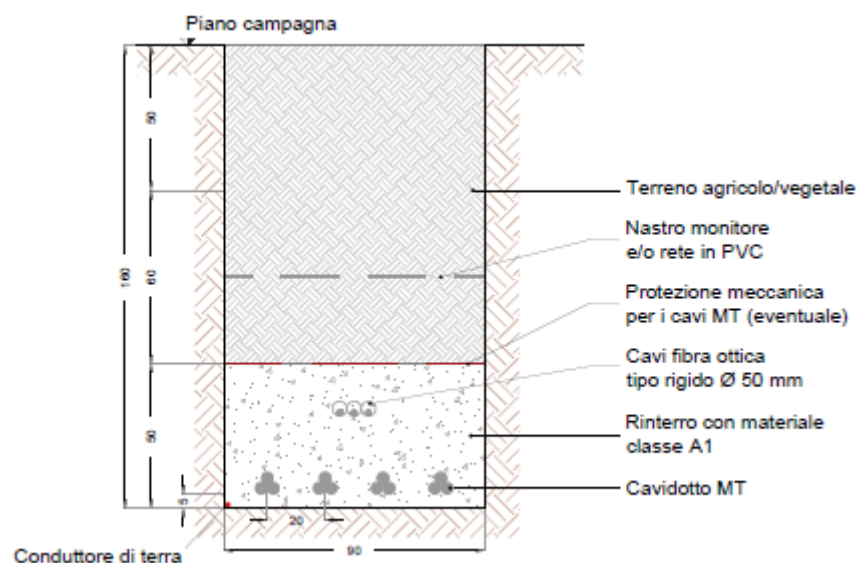


Figura 2. Sezione tipo cavidotto su terreno agricolo/coltivato Cavidotto 30 kV



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Per la posa in terreno agricolo/coltivato i cavi saranno posati in trincea a una profondità di 1,60 m. Al di sopra del nastro monitor verrà posto uno strato di terreno vegetale/agricolo per uno spessore di 110 cm. Generalmente il terreno vegetale/agricolo è momentaneamente separato dal resto del materiale scavato, accantonato nei pressi dello scavo e riutilizzato per rinterro nella parte finale, allo scopo di ristabilire le condizioni ex ante.

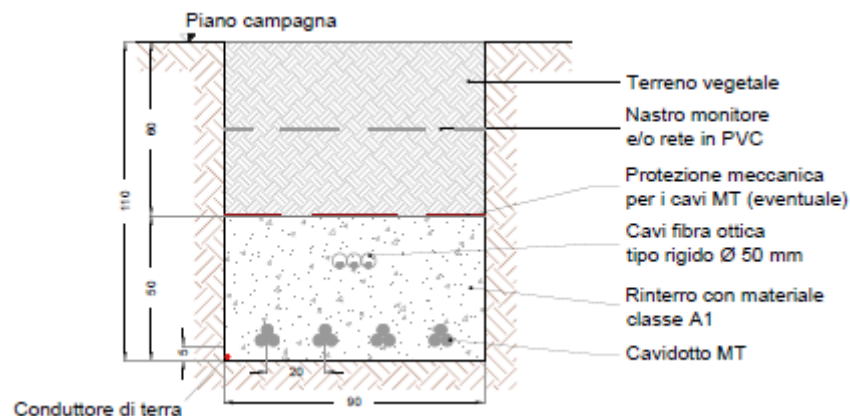


Figura 3 - Sezione tipo cavidotto su terreno vegetale Cavidotto 30 kV

Nel caso di scavo su terreno, al di sopra del nastro monitor verrà posato uno strato di terreno vegetale per uno spessore complessivo di 60 cm; generalmente si utilizza terreno vegetale precedentemente accantonato durante l'esecuzione degli scavi, laddove ritenuto idoneo dalla DL.

Nel caso di attraversamenti o particolari interferenze, il progetto definitivo prevede l'utilizzo di posa in tubazione corrugata, opportunamente protetta da eventuali lastre in calcestruzzo, per tutta la durata dell'interferenza.

A seguire si riportano le sezioni tipo cavidotto a 30 kV su strade sterrate.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 11

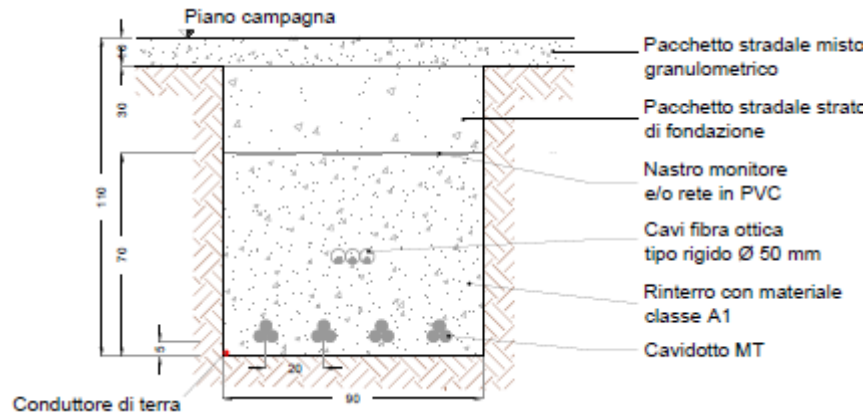


Figura 4. Sezione tipo su strade sterrate Cavidotto 30 kV

Lo scavo su strade sterrate prevede che al di sopra del nastro monitore verrà realizzato il pacchetto stradale, con la seguente stratigrafia:

- Strato fondazione stradale con tout-venant di cava, rullato e compattato, di granulometria 40 - 60 mm, per uno spessore complessivo di 30 cm;
- Strato di finitura con misto granulometrico, rullato e compattato, di granulometria 20 - 40 mm, per uno spessore complessivo di 10 cm.

Infine, si riportano le sezioni tipo cavidotto su strade asfaltate.

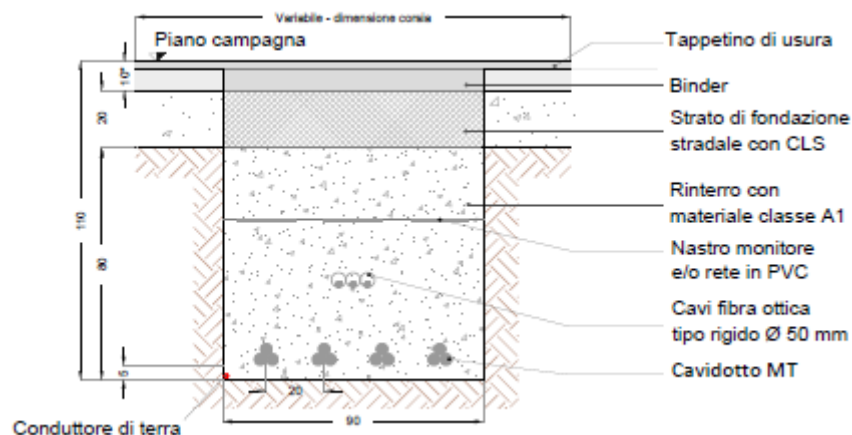


Figura 5. Sezione tipo cavidotto su strade asfaltate Cavidotto 30 kV

Lo scavo su strade asfaltate è costituito dal nastro monitore al di sopra del quale sarà posto un ulteriore strato di re-interro con materiale classe A1.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Sopra questo verrà realizzato il pacchetto stradale, avente la seguente stratigrafia:

- Strato di fondazione stradale con calcestruzzo, per uno spessore complessivo di 20 cm;
- Posa di conglomerato bituminoso per strato di binder, spessore complessivo 10 cm;
- Posa di tappetino di usura in conglomerato bituminoso. Il tappetino di usura avrà una larghezza maggiore rispetto a quella dello scavo e comunque dovrà rispettare le prescrizioni specifiche degli enti gestori delle viabilità.

A seguire si riportano le sezioni tipo cavidotto AT su terreno, strada sterrata e strada asfaltata.

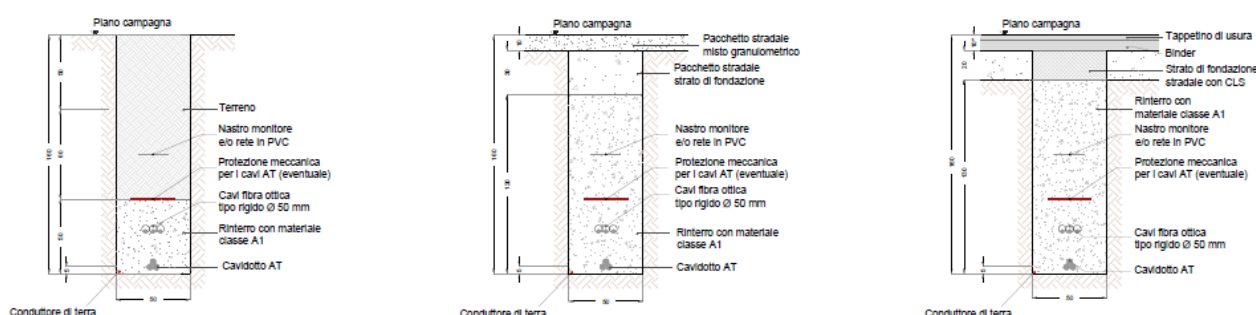


Figura 6. Sezioni tipo cavidotto AT su terreno, strada sterrata e strada asfaltata

## 5 TIPOLOGIE DI INTERFERENZE

Nella realizzazione del percorso del cavidotto è possibile riscontrare delle interferenze tra le opere progettate e le infrastrutture esistenti. È importante che le opere siano eseguite secondo i criteri della buona tecnica ed il rispetto delle norme che regolano la materia.

Le interferenze riscontrabili nella fase di realizzazione possono essere ricondotte a tre tipologie principali:

- *Interferenze aeree*, che comprendono tutte le linee elettriche ad alta tensione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione, l'illuminazione pubblica e parte delle linee telefoniche;
- *Interferenza superficiale*, che comprendono le linee ferroviarie, e i canali e i fossi irrigui a cielo aperto;
- *Interferenza interrata*, che comprende i gasdotti, le fognature, gli acquedotti, le condotte di irrigazione a pressione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione e parte delle linee telefoniche, nonché rinvenimenti archeologici.

Per il progetto in esame, sono state individuate le seguenti tipologie di interferenze:



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 13

- A) Corso d'acqua o impluvio;**
- B) Tombino;**
- C) Attraversamenti acquedotti o sottoservizi;**

## 5.1 Individuazione delle interferenze

Si riporta di seguito uno stralcio della tavola di individuazione delle interferenze su CTR.





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

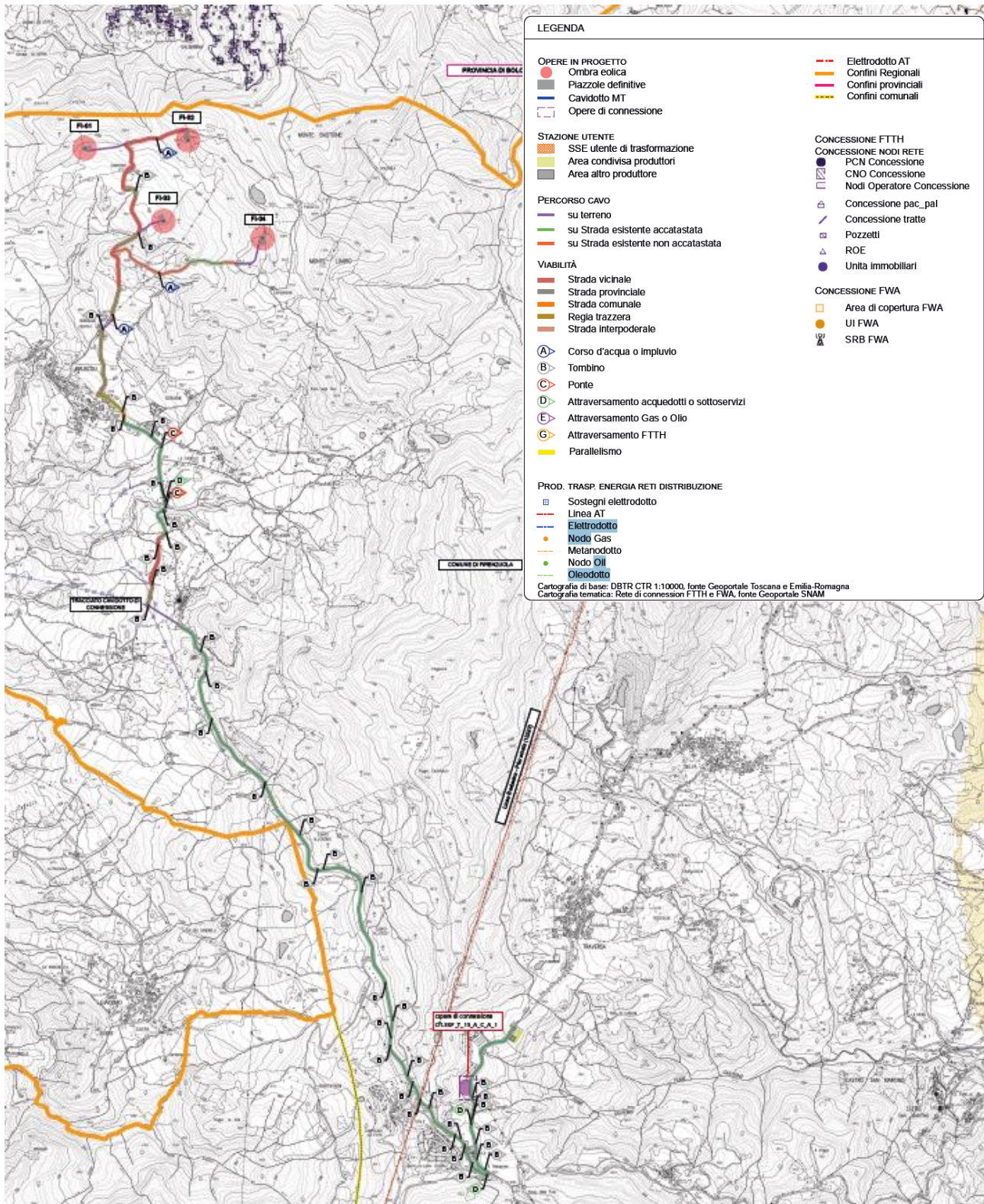


Figura 7. Individuazione interferenze su CTR



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Per un quadro di insieme delle interferenze riscontrate è consigliato consultare la tavola SKF\_T\_13\_A\_D\_I\_1\_Individuazione interferenze cavidotti su CTR.

L'analisi effettuata, in riferimento al percorso interessato dal cavidotto di connessione, ha permesso di censire 46 punti di interferenza, tra cui:

- n. 3 canali o impluvi;
- n. 38 attraversamenti tombini;
- n. 2 attraversamenti ponti;
- n. 3 attraversamenti acquedotti o sottoservizi;

La presente relazione ha lo scopo di descrivere, per ogni tipologia di interferenza, le modalità di risoluzione, tenendo presente la normativa in vigore, i disciplinari e i regolamenti di gestione delle opere ed infrastrutture interessate. Si precisa che le risoluzioni proposte in questo documento saranno ottimizzate e particolarizzate a seguito dell'effettivo riscontro con l'ente gestore interessato nel corso dell'iter autorizzativo ed in fase di progettazione esecutiva. In fase esecutiva si valuteranno, inoltre, eventuali interferenze non censite in questa fase perché non rilevate o perché nuove.

## 5.2 Risoluzione interferenze

Di seguito vengono espone le metodologie di risoluzione in funzione della tipologia di interferenza, anche per eventuali tipologie di interferenze non censite durante i sopralluoghi effettuati, che potrebbero rinvenirsi in fase di progettazione esecutiva o di cantiere, sia lungo il tracciato del cavidotto esterno all'area di impianto che lungo il tracciato del cavidotto interno all'area di impianto.

### 5.2.1 Attraversamento corsi d'acqua

Nel caso di attraversamento di corsi d'acqua le soluzioni da adottare variano in funzione del tipo di attraversamento che occorre effettuare e se gli attraversamenti vengono effettuati in corrispondenza di ponti o meno.

Al fine di annullare completamente l'impatto dell'opera con gli elementi del reticolo idrografico superficiale, e superare l'interferenza, verrà prescelta una tra le seguenti soluzioni tecniche, anche in base alle indicazioni del gestore dell'infrastruttura:

- Staffaggio del cavo su mensola lungo l'impalcato del ponte;
- Superamento del fiume lungo l'alveo con cavo interrato mediante perforazione teleguidata.



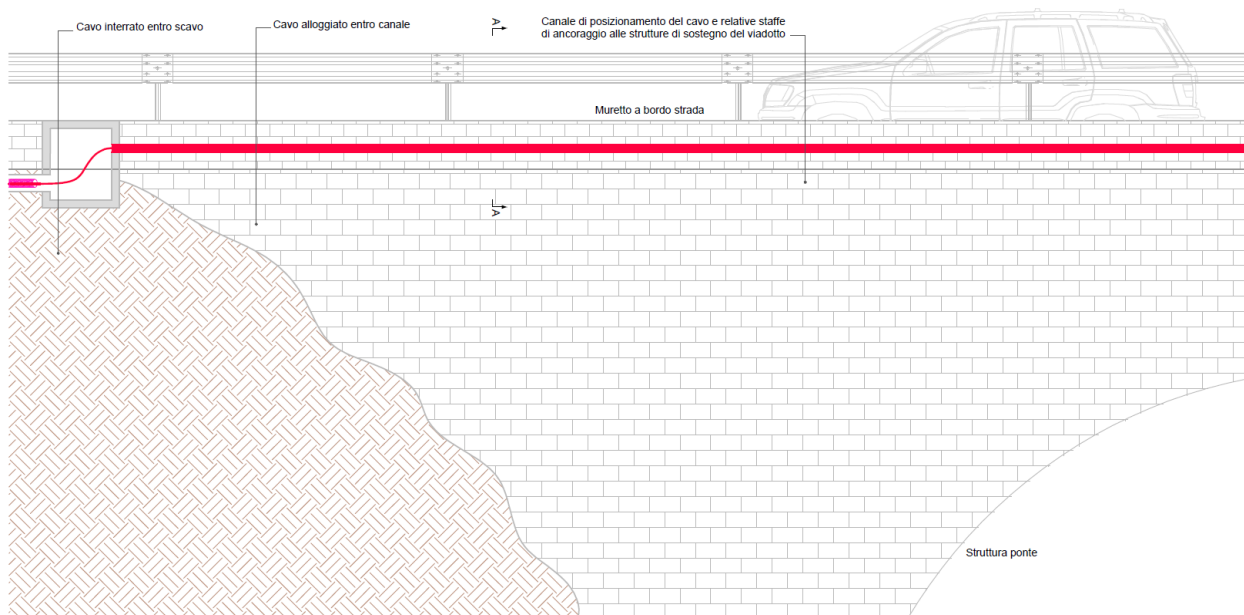
Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Quando possibile i cavidotti dovranno essere preferibilmente collocati in corrispondenza di cunicoli esistenti, e protetti con un cassonetto o controtubo per garantire la protezione da atti vandalici.

Qualora non siano disponibili cunicoli esistenti, il cavidotto verrà posizionato in canalette posizionate a sbalzo all'esterno dell'impalcato del ponte o del viadotto. I cavidotti dovranno essere appesi tramite staffe imbullonate. Lungo i ponti non verranno realizzati pozzetti di ispezione o altri manufatti che possano pregiudicare la stabilità statica dei ponti stessi o intaccarne la struttura.

In corrispondenza degli appoggi dei ponti, i cavidotti dovranno essere dotati di dispositivi che consentano di sollevare l'impalcato del ponte nelle operazioni di manutenzione.

Di seguito è riportato un esempio di passaggio del cavidotto lungo ponte.



*Figura 8. Attraversamento corso d'acqua mediante staffaggio su ponte*

Nel caso di attraversamento di canali, per la posa del cavidotto, sarà possibile intervenire mediante la Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) come illustrato nella figura che segue.





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

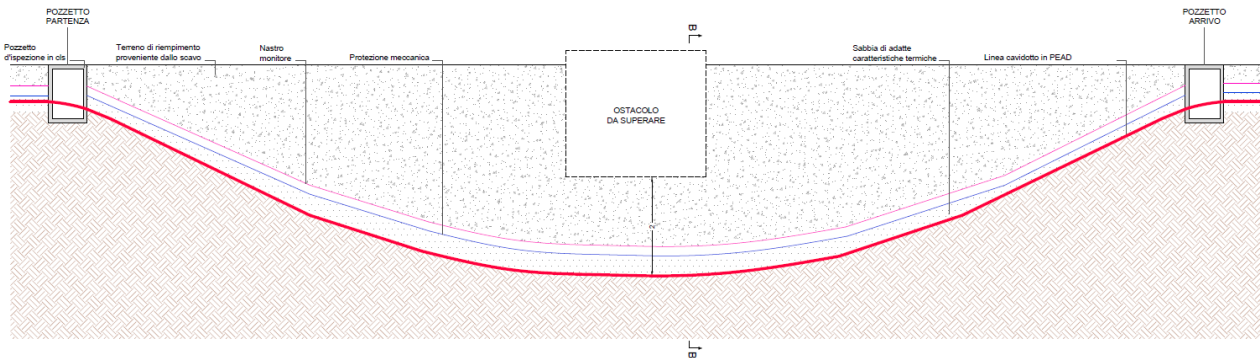


Figura 9. Tipologico installazione teleguidata - T.O.C.

Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa. Questa modalità di posa offre la possibilità di installare una tubazione entrando e uscendo da due punti ben precisi e definiti prevalentemente, in maniera tale da permettere l'installazione di nuovi servizi interrati senza effettuare scavi a cielo aperto e senza intaccare la sede stradale dei tratti interessati.

La tecnica prevede una perforazione eseguita mediante una porta-sonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta esercitata a forti pressioni di acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili; per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro. L'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile.

Nell'eventualità di attraversamento di un piccolo canale o corso d'acqua da parte di una pista di impianto si prevede la posa di una condotta corrugata opportunamente dimensionata per accogliere la portata corrispondente a un tempo di ritorno di 50 anni passante al di sotto del rilevato stradale. Il rilevato sarà protetto da un'opera muraria rivestita in pietra locale cromaticamente simile alle rocce naturali rinvenibili in situ (lato monte) e da una piccola scogliera in pietrame sciolto delle stesse caratteristiche litologiche e cromatiche (lato valle).



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

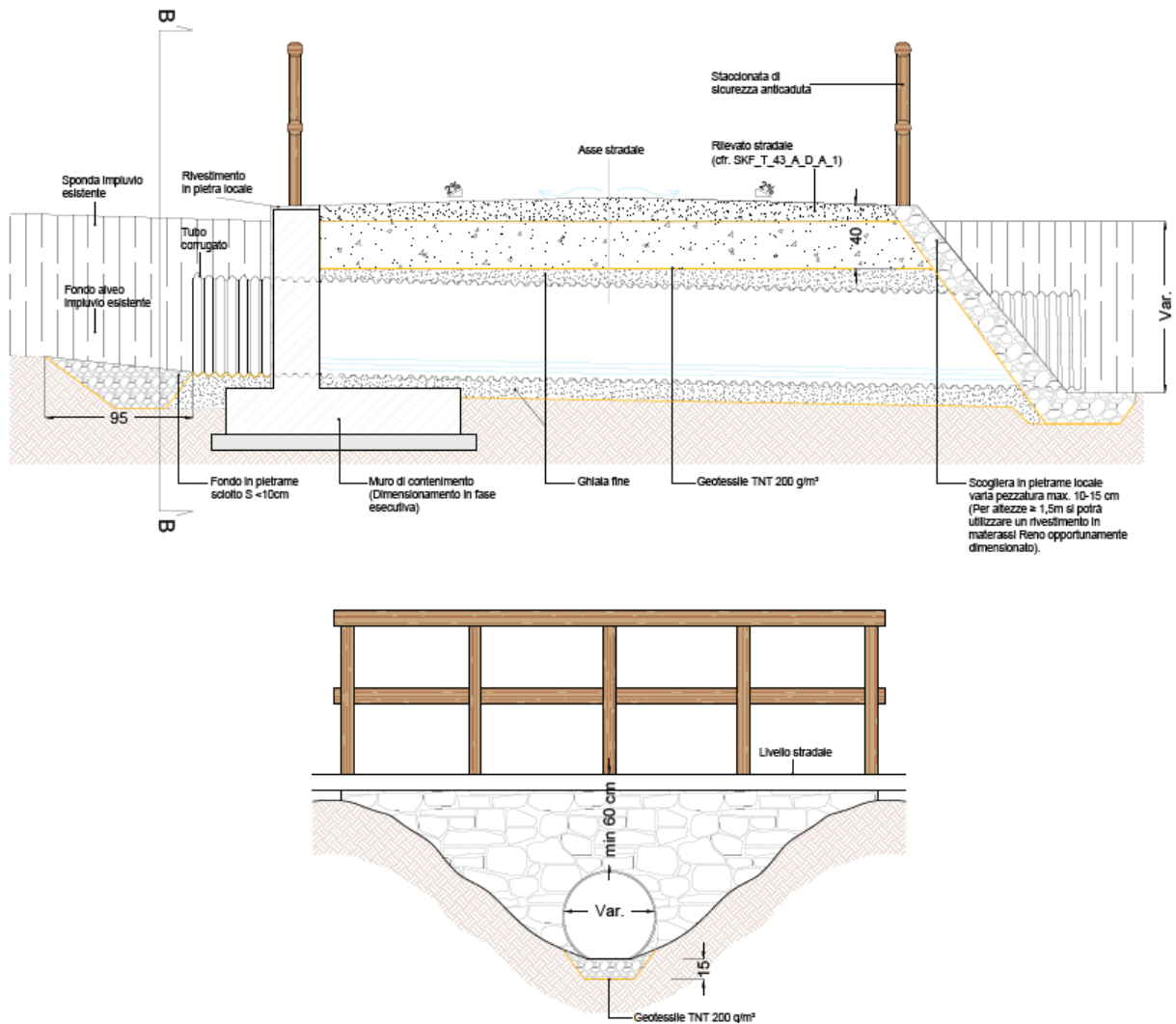




Figure 10. Opere di attraversamento idrico

A seguire una tabella di inquadramento delle interferenze tra cavidotto e canali/impiuvi e ponti.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).



CANALI O IMPLUVI		
ID	Localizzazione	Inquadramento
1	44° 9'25.83"N 11°15'3.87"E	
2	44° 8'58.41"N 11°14'58.45"E	





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

3	44° 8'48.03"N 11°14'48.31"E	
---	--------------------------------	--

PONTI		
ID	Localizzazione	Inquadramento
1	44° 8'18.84"N 11°15'1.98"E	
2	44° 8'5.77"N 11°15'2.73"E	



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

In riferimento al superamento dell'interferenza sopra individuata si precisa che, l'attraversamento del cavidotto MT del Torrente Torre, potrà essere superata, alternativamente alla metodologia T.O.C., mediante scavo a cielo aperto in accordo con le indagini geognostiche condotte in fase di progettazione esecutiva.

### 5.2.2 *Superamento sottoservizi*

Per il superamento di sottoservizi esistenti si potrà ricorrere a

1. Sovrappasso rialzato in tubo;
2. Sovrappasso interrato in tubo;
3. Sottopasso interrato in tubo.

In caso di presenza di tombini e/o condotte idrauliche esistenti è possibile anche qui applicare la tecnologia di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) o la tecnica dello spingitubo che risulta anch'essa una delle soluzioni più efficaci per l'installazione di sottoservizi, limitando al minimo le zone di lavoro ed eliminando completamente la vista di canalizzazioni esterne.

Le seguenti immagini mettono in chiaro alcuni esempi di tipici impiegati per sopra o sotto-attraversamenti di tombini idraulici, condotte idriche o cavidotti elettrici presenti lungo il tracciato del cavidotto di progetto.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 22

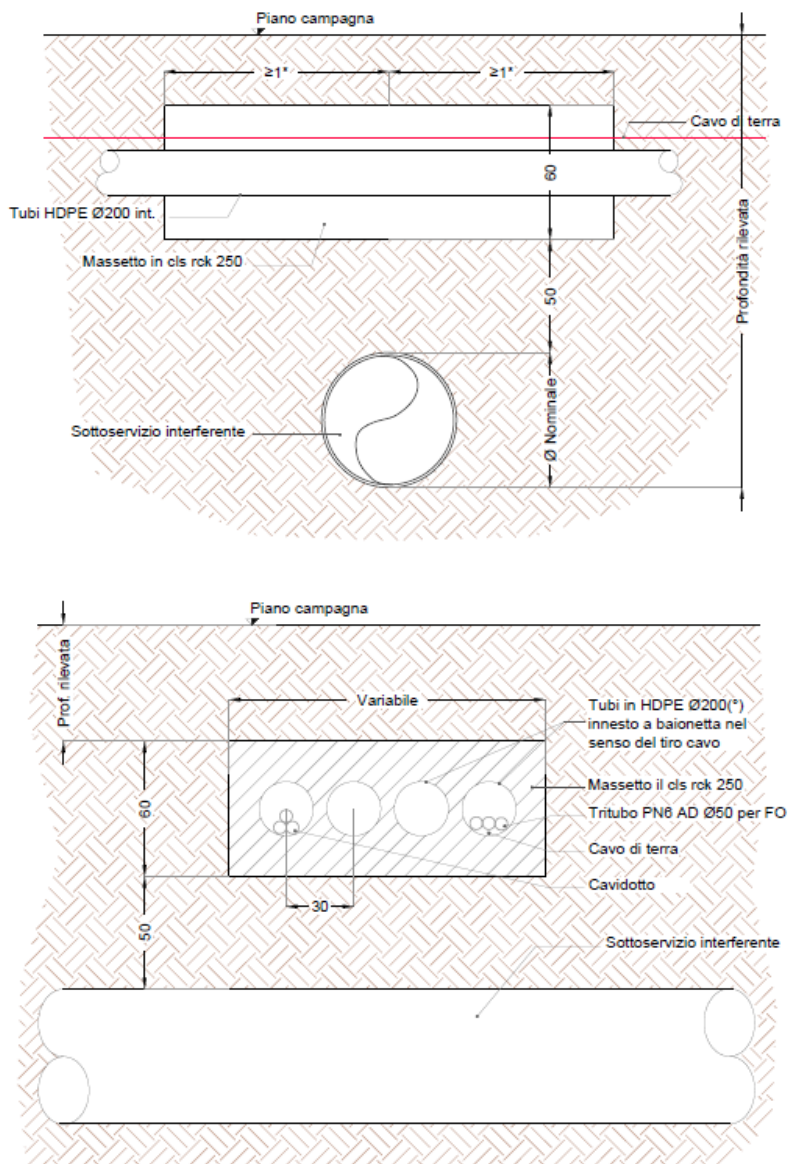


Figura 10. Superamento di sottoservizio mediante sovrappasso interrato





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

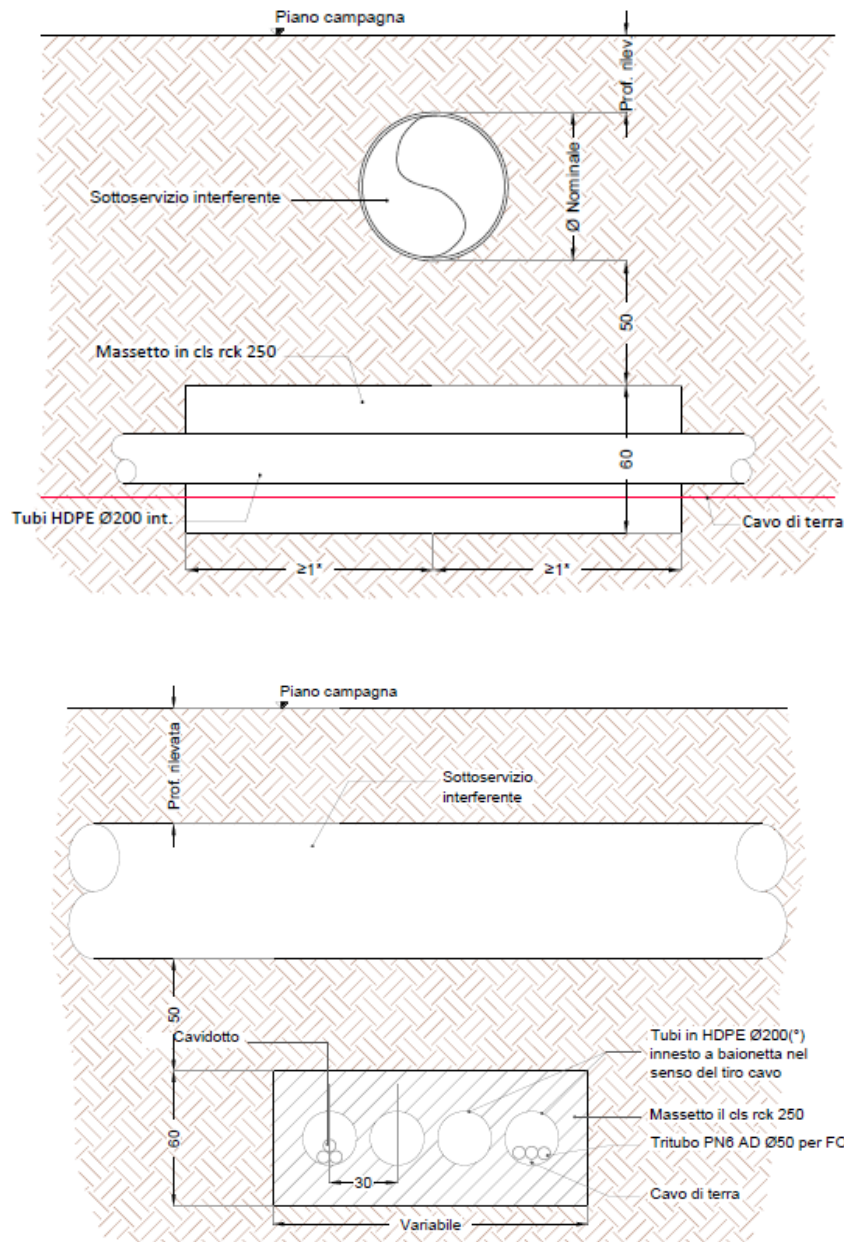


Figura 11. Superamento di sottoservizi mediante sottopasso interrato

Un'ulteriore tecnica di risoluzione delle interferenze è rappresentata nella figura seguente; si tratta della tecnica dello spingi-tubo, utilizzata per la posa di tubazioni mediante scavo a fronte aperto con simultanea evacuazione del materiale di risulta per mezzo di una testa di perforazione provvista di coclea. Tale metodologia permette di creare micro gallerie necessarie per gli attraversamenti trasversali di strade, linee ferrate, condotte ecc. Realizzato l'attraversamento, all'interno del contro-tubo si procede con l'inserimento della condotta. Questo tipo di perforazione orizzontale essendo



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

*trenchless* (o no-dig), abbatte notevolmente l'invasività dell'opera, generando meno costi e minor impatto all'ambiente.

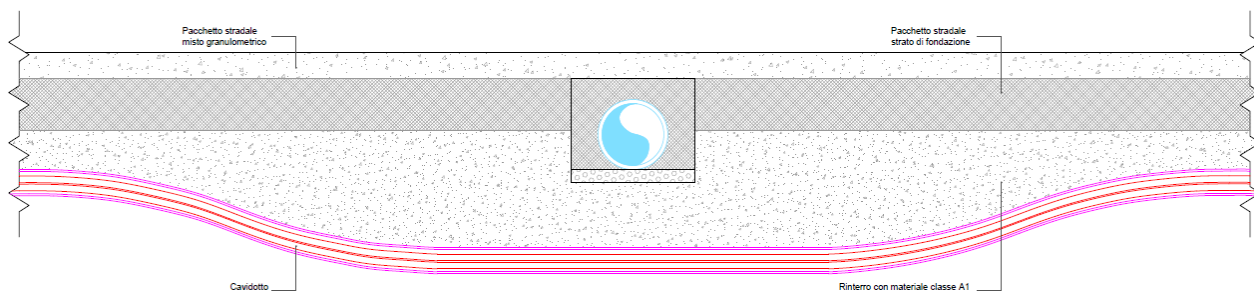



Figura 12. Tipologico attraversamento mediante spingitubo

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa delle interferenze riscontrate tra cavidotto e acquedotti o sottoservizi.


PONTI		
ID	Localizzazione	Inquadramento
1	44° 8'8.18"N 11°15'2.30"E	








Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

2	44° 5'39.08"N 11°16'34.03"E	
3	44° 5'49.66"N 11°16'29.89"E	

TOMBINI		
ID	Localizzazione	Inquadramento
1	44° 9'14.83"N 11°14'56.27"E	






Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

2	44° 9'5.48"N 11°14'57.00"E	
3	44° 8'44.58"N 44° 8'44.58"N	
4	44° 8'27.11"N 11°14'50.52"E	





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).




5	44° 8'26.52"N 11°14'50.82"E	
6	44° 8'21.42"N 11°14'58.87"E	
7	44° 8'7.81"N 11°15'2.47"E	





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).




Pagina | 28

8	44° 8'5.12"N 11°15'2.32"E	
9	44° 8'0.04"N 11°15'2.76"E	
10	44° 7'57.54"N 11°15'0.35"E	





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).




11	44° 7'48.93"N 11°14'58.26"E	
12	44° 7'44.23"N 11°14'56.89"E	
13	44° 7'34.17"N 11°15'12.15"E	





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).



Pagina | 30

14	44° 7'29.49"N 11°15'13.66"E	
15	44° 7'19.98"N 11°15'14.87"E	
16	44° 7'10.86"N 11°15'22.52"E	








Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

17	<p>44° 7'4.94"N 11°15'30.94"E</p>	
18	<p>44° 6'53.58"N 11°15'41.23"E</p>	
19	<p>44° 6'46.28"N 11°15'44.93"E</p>	






Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

20	44° 6'46.21"N 11°15'47.01"E	
21	44° 6'29.76"N 11°16'1.56"E	
22	44° 6'12.93"N 11°16'7.18"E	








Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

23	44° 6'9.57"N 11°16'6.43"E	
24	44° 6'8.57"N 11°16'6.26"E	
25	44° 6'0.80"N 11°16'11.20"E	








Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

26	44° 5'59.42"N 11°16'12.62"E	
27	44° 5'55.88"N 11°16'14.65"E	
28	44° 5'53.82"N 11°16'17.52"E	








Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

29	44° 5'47.78"N 11°16'25.15"E	
30	44° 5'46.88"N 11°16'26.47"E	
31	44° 5'47.85"N 11°16'25.34"E	





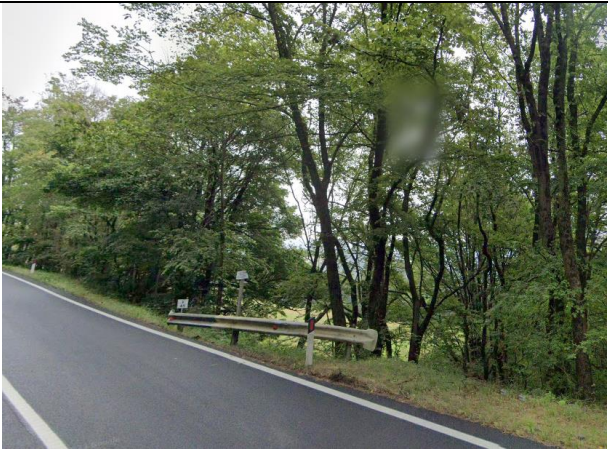
Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

32	44° 5'41.59"N 11°16'29.72"E	
33	44° 5'40.03"N 11°16'33.91"E	
34	44° 5'42.18"N 11°16'31.24"E	





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

35	44° 5'42.68"N 11°16'31.10"E	
36	44° 5'49.73"N 11°16'29.91"E	
37	44° 5'53.03"N 11°16'30.76"E	



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 38

38	44° 5'56.11"N 11°16'30.23"E	
----	--------------------------------	--

### 5.2.3 Interferenza con Gasdotti

Il tracciato del cavidotto allo stato attuale delle indagini non interferisce con alcuna rete di distribuzione di gas, quali interferenze legate a parallelismi o ad attraversamenti con l'infrastruttura energetica.

L'interferenza tra il cavidotto e i gasdotti è regolata dalle indicazioni della norma CEI 11-17 art. 6.3.3 ed in maniera vincolante dai DM 16/04/08 e dal D.M. 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8". Pertanto, nel caso di incroci e parallelismi tra cavi di energia e tubazioni convoglianti gas naturali, le modalità di posa ed i provvedimenti da adottare al fine di ottemperare a quanto disposto dal detto D.M. 24/11/1984, dovranno essere definiti con gli Enti proprietari o Concessionari del gasdotto.

Eventuali interferenze del cavidotto con metanodotti sono generalmente risolte attraverso l'utilizzo della T.O.C. così da bypassare il metanodotto attestando il tracciato a una profondità di circa 2,50 m rispetto all'estradosso inferiore della tubatura. Si prevede altresì:

- Di non porre entro i 13,5 m per lato del tracciato del metanodotto alcun pozzetto;
- Verranno inseriti nei punti di inizio e fine della trivellazione delle paline segnaletiche, al fine di segnalare post operam il tracciato;
- Verrà inserita una beola in cls a una distanza di 0,5 m dell'estradosso superiore del metanodotto come ulteriore protezione della tubatura.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

#### 5.2.4 Presenza di linee elettriche

In presenza di interferenze tra l'impianto in progetto e le linee elettriche interrato, su tralicci o su palificate sarà necessario un'analisi approfondita per l'individuazione della soluzione migliore per il superamento di tale interferenza. Si cercherà di adottare soluzioni poco impattanti; il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h) introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, ossia dello spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). La dimensione della DPA (Distanza di Prima Approssimazione) delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore. La DPA dipenderà dalle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea e tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

#### 5.2.5 Interferenze con rete di comunicazione elettronica

Dalle analisi effettuate non sono state rilevate interferenze con reti di comunicazioni elettroniche, nello specifico *Fiber To The Home* FTTH (Fibra Ottica) e *Fixed Wireless Access* FWA (tecnologia wireless).

Qualora in fase di progettazione esecutiva dovessero essere rilevate eventuali interferenze con reti di comunicazione elettronica si procederà con la risoluzione delle stesse di concerto con l'ente gestore dell'infrastruttura.

#### 5.2.6 Attraversamento condotte idriche

A seguire un esempio di un tipico impiegato per la risoluzione delle interferenze strade - condotta in pressione.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Pagina | 40

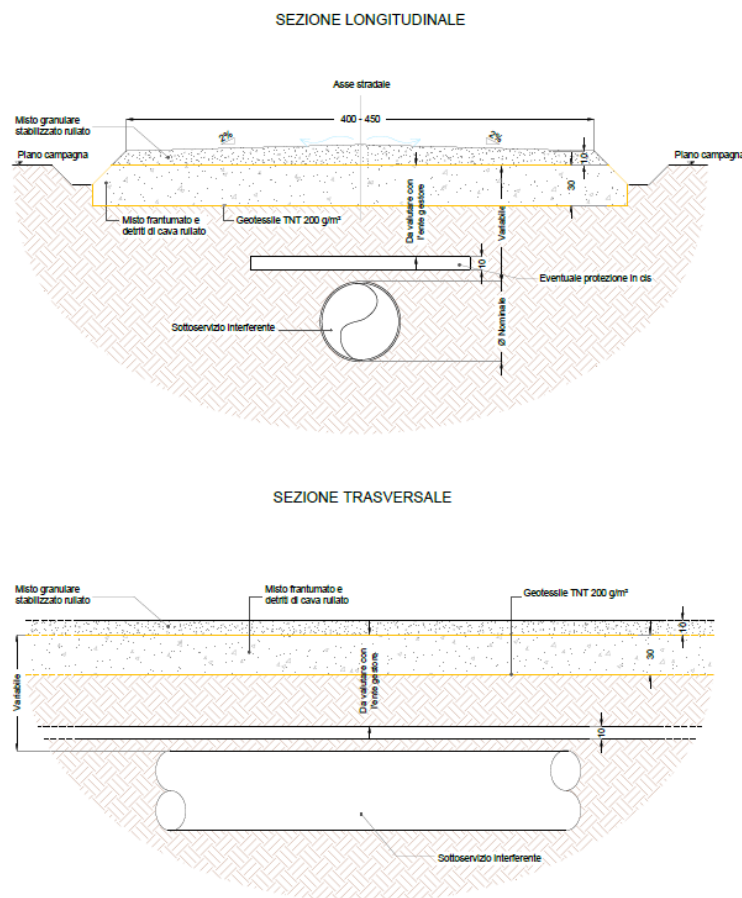


Figura 13. Sezione longitudinale e trasversale tipico risoluzione interferenze strade - condotta in pressione (interferenza con tubazioni di acquedotti - sottoservizi vari)

Si precisa comunque che in caso di interferenza con condotte in pressione le modalità esecutive saranno definite in accordo con l'ente gestore, con il quale si potrà, durante l'iter, eseguire sopralluoghi di ricognizione, al fine di adattare la soluzione tecnica impiegata, rispettando la normativa vigente CEI 11-17.

## 6 DESCRIZIONE GENERALE DELLA TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)

La Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.), definita anche come perforazione direzionale, perforazione orizzontale controllata o perforazione teleguidata è una tecnica di perforazione no-dig che consente la posa interrata di tubazioni di vario diametro e materiale, senza scavi a cielo aperto.





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Il profilo di trivellazione è identificato in fase progettuale e viene seguito in fase di realizzazione grazie a sistemi di guida estremamente precisi. Applicazioni tipiche includono attraversamenti di corsi d'acqua, strade e aree sensibili, nonché interventi di consolidamento e bonifica.

L'impiego di questa tecnologia implica un'analisi preliminare della situazione stratigrafica lungo il profilo di trivellazione.

La trivellazione orizzontale controllata prevede l'utilizzo del *rig*, una torre di perforazione posta su di un piano inclinato (slittone). Su di esso, trasla il carrello di perforazione completo con il motore idraulico che permette la rotazione del mandrino. Le aste di perforazione vengono installate sul mandrino e il loro montaggio e smontaggio viene eseguito con morse idrauliche. Il rig è costituito da:

- *Cabina di controllo*: dove si trovano i dispositivi di manovra e le attrezzature;
- *Unità di generazione di energia*: costituita dai motori elettrici o a scoppio che producono energia idraulica. Questa energia viene trasmessa al rig tramite la cabina di comando e serve per la traslazione del carrello e la perforazione del carrello;
- *Unità di fanghi*: costituita da una vasca, in cui vengono preparati i fanghi bentonitici per mezzo di una tramoggia venturi e di miscelatori; tramite pompe sommerse comandate dall'operatore i fanghi vengono immessi nel circuito. Gli stessi fanghi possono essere riciclati per una successiva utilizzazione grazie ad appositi filtri. La raccolta della bentonite sarà realizzata mediante scavo nel terreno di vasche opportunamente impermeabilizzate;
- *Unità di approvvigionamento idrico*: costituita da una pompa sommersa ubicata nel corso d'acqua da attraversare. Tramite dei tubi flessibili (manichette) invia l'acqua necessaria alla preparazione dei fanghi alla vasca di miscelazione;
- *Trivella*: Per la trivellazione del foro pilota vengono utilizzate due tipi di trivelle, una a getti ed una a motore a fanghi. La trivella a getti è un'asta di trivellazione con due fori sulla testa, uno centrale e l'altro eccentrico. La bentonite in pressione, fuoriuscendo dai fori esercita un'azione di scavo nel terreno. La trivella con motore a fanghi è costituita da una turbina, azionata dai fanghi in pressione, che imprime una rotazione ad uno scalpello posto sulla testa; i fanghi fuoriescono poi da un foro posto sullo scalpello. Gli scalpelli possono essere di diversi tipi a seconda delle condizioni di terreno incontrate. Questa trivella si completa con la scarpa direzionale, che è un ringrosso eccentrico dell'asta di perforazione posizionato a circa 1 metro dalla testa;
- *Aste pilota*: A seconda del sistema direzionale impiegato le aste possono essere dotate di giunti conici o cilindrici. Le aste di trivellazione ubicate proprio dietro la trivella sono in materiale amagnetico per non influenzare il sistema di controllo direzionale;
- *Tubo guida*: costituito da aste di perforazione;



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

- *Attrezzature alesaggio e tiro-posa*: Queste attrezzature cambiano da ditta a ditta in base alle esperienze degli operatori, ai brevetti che le tutelano e ai terreni da attraversare;
- *Alesatore*: formato da una corona dentata su cui sono posti da sei a nove ugelli per l'uscita dei fanghi e una quantità variabile di taglienti;
- *Fresa a barilotto*: costituita da un cilindro bombato e dentato alle estremità completo con i soliti ugelli. Questo alesatore è molto utile se usato in coppia con il precedente, perché permette di mantenere sempre centrata la fresa rispetto al foro;
- *Snodo*: indispensabile per evitare che la condotta ruoti durante l'operazione di tiro-posa. Viene interposto tra la fresa e la condotta.

Le fasi operative per la posa di una tubazione mediante trivellazione controllata sono essenzialmente tre:

1. Esecuzione del foro pilota;
2. Alesatura del foro;
3. Tiro e posa della tubazione.

## 6.1 Esecuzione del foro pilota

L'esecuzione del foro pilota è la prima e la più delicata delle fasi di lavoro. Tale operazione può avvenire mediante diverse tecniche a seconda della litologia dei terreni presenti. La trivellazione consiste nel far avanzare le aste pilota con in testa una lancia a getti di fango bentonitico che consente il taglio del terreno. Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le falde acquifere si prevedrà l'utilizzo di miscele bentonitiche (fango di perforazione) additivate con polimeri biodegradabili con alto potere coesivo ed alta fluidità con caratteristiche di riduttori di filtrato.

La lancia a getti di fango bentonitico, consiste in una asta che presenta una deviazione di circa 1° e dispone di due ugelli, uno centrale rispetto alla testa e l'altro, eccentrico, in asse con la deviazione.

I cambi di direzione necessari sono ottenuti ruotando le aste di perforazione in modo tale che la direzione della deviazione coincida con quella desiderata (asse trivellazione).

Il tracciato del foro pilota sarà controllato durante la trivellazione da frequenti letture dell'inclinazione e dell'azimut all'estremità della testa di perforazione. Queste letture, unite ai dati relativi alla lunghezza delle aste di trivellazione già installate, saranno utilizzate per calcolare le coordinate orizzontali e verticali dell'estremità di testa rapportate al punto di inizio della trivellazione.



Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

Durante la perforazione del foro pilota, si procede periodicamente con l'inserimento e la rotazione di un tubo guida concentrico all'asta di perforazione. Questa operazione ha molteplici scopi: prevenire il bloccaggio dell'asta pilota, minimizzare l'attrito e facilitare le manovre di orientamento, oltre a favorire l'asportazione dei materiali di scavo. Il tubo guida svolge inoltre una funzione di mantenimento del foro aperto, consentendo eventuali operazioni di ritiro dell'asta pilota. Il completamento del foro pilota si verifica quando sia l'asta pilota che il tubo guida emergono dalla superficie sul lato opposto al rig. A questo punto, l'asta pilota viene estratta, lasciando in situ il tubo guida come riferimento per le successive fasi di allargamento del foro.

In caso di materiali molto compatti e in tutti i tipi di roccia, il sistema di perforazione ad espulsione di fanghi sopra descritto non è impiegabile; in tali circostanze si impiegano sistemi di trivellazione a roto-percussione che consistono nell'impiego di speciali martelli pneumatici a fondo foro direzionabili, alimentati da aria compressa additivata da schiume fluide (biodegradabili). Tale sistema non garantisce però un preciso direzionamento. Estremamente più efficace e precisa è invece la perforazione idromeccanica con "*mud motor*", ottenuta per mezzo di uno speciale motore a turbina, azionata da una circolazione forzata di fanghi a cui è collegato un utensile che, taglia meccanicamente e con facilità le rocce.

## 6.2 Alesatura del foro

Questa fase consiste nell'allargare il foro per mezzo di un alesatore di diametro adeguato alle dimensioni della tubazione da posare, generalmente il diametro dell'alesatore è circa 20-30% più grande del tubo da posare.

La testa di trivellazione viene sostituita con particolari alesatori che vengono trascinati a ritroso all'interno del foro, che ruotando grazie al moto trasmesso dalle aste ed esercitano un'azione frenante per allargare il foro. Durante le fasi di trivellazione, di pre-alesatura e di tiro-posa, verrà impiegato del fango bentonitico.

Questo fango, opportunamente dosato in base al tipo di terreno, avrà molteplici funzioni quali ridurre gli attriti nelle fasi di scavo, trasportare alla superficie i materiali di scavo, mantenere aperto il foro, lubrificare la condotta nella fase di tiro-posa e garantirne il galleggiamento. L'asportazione del terreno, anche in questa fase, è effettuata grazie all'impiego di getti di fango che, allo stesso tempo, garantiscono la stabilizzazione delle pareti del foro.





Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 4 aerogeneratori da 6,0 MW ciascuno per una potenza complessiva pari a 24 MW denominato "Bordigaie" da realizzarsi nel comune di Firenzuola (FI) in località Confienti e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio delle stesse site nel comune di Firenzuola (FI).

### 6.3 Tiro e posa della tubazione

Sul lato opposto al rig, verrà prefabbricata la colonna di varo, preferibilmente in un unico elemento, per accelerare le operazioni. Prima del varo, la colonna sarà sottoposta a collaudi idraulici. Per facilitare lo scorrimento, verrà predisposta una linea di appoggio (rulli, carrelli). I cavidotti assumeranno una catenaria predefinita per evitare danneggiamenti durante l'ingresso nel foro. Saranno rispettati i raggi di curvatura minimi indicati nel progetto esecutivo. Al termine, verrà redatta una relazione con il posizionamento esatto della condotta e saranno installate paline segnaletiche.

Palermo, 30/10/2024

Ing. Girolamo Gorgone