



**CENTRALE EOLICA OFFSHORE BRINDISI**  
**PARCO EOLICO MARINO ANTISTANTE LE COSTE DI BRINDISI -**  
**SAN PIETRO VERNOTICO E TORCHIAROLO**

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

ELABORATO

**SIA-07**

TITOLO

**RELAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO OPERE DI CONNESSIONE**

Responsabile Progetto: Prof. Giuseppe Cesario Calò

**Committente**



TG Energie rinnovabili S.r.l.  
Ravenna via Zuccherificio n.10  
P.IVA 02260730391



**Gruppo di progettazione**



COORDINAMENTO DEL SIA  
ARKE' INGEGNERIA S.r.l.  
Via Imperatore Traiano n. 4  
TEL/FAX 080/2022423  
e-mail: [segreteria@arkeingegneria.it](mailto:segreteria@arkeingegneria.it)

PROF. ING. ALBERTO FERRUCCIO PICCINNI  
*(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 7288)*

ING. GIOACCHINO ANGARANO  
*(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 5970)*



GESTIONE DOCUMENTO

Rif. DWG		Prot. n.	
Disk/dir.		Data Prot.	
N° revisione	01	N° edizione	
Data revisione	23-03-2013	Data edizione	

Il presente documento è proprietà riservata di TG S.r.l. Ai sensi dell'art. 2575 C.C. è vietata la riproduzione, la pubblicazione e l'utilizzo senza espressa autorizzazione.

## Sommario

PREMESSA .....	2
<b>1. INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA TRA LINEE ELETTRICHE E CONDOTTE METALLICHE .....</b>	<b>5</b>
1.1. EFFETTI DELL'INTERFERENZA .....	5
1.2. LA NORMA CEI DI RIFERIMENTO .....	6
1.3. DISTANZA DI INTERFERENZA .....	6
1.4. LIMITI DI ACCETTABILITÀ DELL'INTERFERENZA .....	7
1.4.1. PERICOLO PER LE PERSONE .....	7
1.4.2. DANNI ALLA CONDOTTA E ALLE APPARECCHIATURE AD ESSA CONNESSE.....	7
1.4.3. DISTURBI ALLE APPARECCHIATURE CONNESSE ALLA CONDOTTA.....	8
<b>2. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI INTERFERENZA .....</b>	<b>8</b>
2.1. DATI TECNICI DI BASE.....	8
2.2. DESCRIZIONE DELL'INTERFERENZE.....	14
2.3. CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO .....	18
2.4. PROVVEDIMENTI PER MITIGARE L'INTERFERENZA .....	24
2.4.1. CONSIDERAZIONI GENERALI.....	24
2.4.2. PROVVEDIMENTI DI MITIGAZIONE LATO TUBAZIONE METALLICA .....	24
2.4.2.1. STRUTTURE DI PROTEZIONE .....	24
2.4.2.2. LIMITATORI DI SOVRATENSIONI (SPD).....	24
2.4.2.3. GIUNTI ISOLANTI.....	25
2.4.2.4. CONNESSIONI DI MESSA A TERRA.....	25
2.4.3. PROVVEDIMENTI DI MITIGAZIONE LATO LINEA ELETTRICA.....	25
2.5. CONCLUSIONI .....	25
LEGGI E NORMATIVE.....	27

## Premessa

La presente relazione tecnica riporta lo studio di **VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI INTERFERENZA ELETTROMAGNETICA TRA UN ELETTRODOTTO INTERRATO DI MT (IN RAME INDIRIZZATO ALLA SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE MT/AT), UN ELETTRODOTTO INTERRATO AT (CAVIDOTTO INTERRATO COSTITUITO DA TRE CAVI XLPE, CIRCA 11 KM, CHE RAGGIUNGE IN TERRITORIO DI TUTTURANO (BR) LA STAZIONE ELETTRICA DI BRINDISI SUD) CON LE CONDOTTE AQP ESISTENTI.**

In particolare lo studio effettuato contempla il rischio di interferenza in più punti tra il cavidotto e condotte dell'Acquedotto Pugliese, con parallelismi ed attraversamenti.

L'elettrodotto interrato (AT e MT) per cui occorre sviluppare tale studio rientra nel progetto di un parco eolico off- shore al largo di Brindisi composto da n. 36 Aerogeneratori e dai relativi cavidotti che si estendono, nell'area di studio, per circa 72,6 km. Lo specchio acqueo interessato dal succitato impianto è localizzato lungo la costa adriatica pugliese, nel tratto di mare antistante il litorale di Cerano (BR), con uno sviluppo perpendicolare alla costa di circa 7 Km e con una potenza installata di 3 MW ciascuna. L'energia elettrica prodotta dalle 36 torri sarà convogliata, in media tensione, mediante 4 cavidotti posati e interrati sul fondale marino sino al punto di approdo sulla costa in prossimità della centrale Enel di Cerano.

***Dal punto di approdo il flusso elettrico sarà, tramite un unico cavidotto MT interrato in rame (oggetto dello studio di interferenza elettromagnetica) indirizzato alla sottostazione di trasformazione in cui l'energia elettrica in MT verrà trasformata in AT pari a 150 KV. Dalla sottostazione di trasformazione MT/AT ha origine un elettrodotto interrato (oggetto dello studio di interferenza elettromagnetica) costituito da tre cavi del tipo XLPE che, sviluppandosi in sede***

***propria per circa 11 KM raggiunge, in territorio di Tutturano (BR), la stazione elettrica di Brindisi sud.***

Il cavidotto lungo il suo percorso, sino alla stazione elettrica di Brindisi sud, interseca alcune infrastrutture a rete insistenti sul territorio.

Nello specifico le interferenze elettromagnetiche degli elettrodotti con le condotte idriche di competenza della AQP S.p.A. si registrano in corrispondenza della Strada Provinciale 81 (interferenze 4 AQP), Strada Provinciale 79 (interferenze 7 AQP).

Il cavidotto attraverserà trasversalmente la condotta AQP:

1. Fascia di suolo tra la cabina la Stazione Elettrica Brindisi Sud e la Sottostazione 30/150 kV inserita tra foglio mappale 178 e 158, condotta AQP (Coordinate UTM: Zona 33 T, Distanza verso est 747413.00 m E; Distanza verso nord 4493143.00 m N).



2. Fascia di suolo tra la cabina la Stazione Elettrica Brindisi Sud e la Sottostazione 30/150 kV inserita, condotta AQP (Coordinate UTM: Zona 33 T, Distanza verso est 750083.00 m E; Distanza verso nord 4494685.00 m N).



Il cavidotto segue parallelamente la condotta AQP:

3. Fascia di suolo tra l'impianto di generazione (cavo sottomarino) e la Sottostazione 30/150 kV inserita, condotta AQP (Coordinate UTM: Zona 34 T, Distanza verso est 248750.61 m E; Distanza verso nord 4493852.71 m N).



Il seguente documento è redatto ai sensi delle leggi e delle norme vigenti in materia, di seguito richiamate, e segue i dettami ed i vincoli imposti dalle Linee Guida redatte dal gestore delle reti del Sistema Idrico integrato Acquedotto Pugliese S.p.A. nell'apposito disciplinare in materia di *INTERFERENZA TRA LINEE ELETTRICHE E CONDOTTE METALLICHE*; tale disciplinare ha lo scopo di definire le specifiche tecniche e le procedure che devono essere osservate nei casi di

realizzazione di linee elettriche in corrente alternata che possano potenzialmente dare luogo a fenomeni di interferenza elettromagnetica sulle condotte metalliche gestite da Acquedotto Pugliese.

Nel seguito sono richiamate le principali linee guida esposte dal gestore e lo studio effettuato.

## **1. Interferenza elettromagnetica tra linee elettriche e condotte metalliche**

### **1.1. Effetti dell'interferenza**

Una linea elettrica in corrente alternata posta nelle vicinanze di una condotta metallica (acciaio o ghisa) può determinare su quest'ultima i seguenti fenomeni di origine elettromagnetica:

- tensioni e correnti indotte sulla condotta metallica dal campo elettromagnetico generato dalle correnti circolanti nella linea elettrica (Accoppiamento Induttivo);
- correnti elettriche "vaganti", uscenti dai sistemi di messa a terra dell'impianto elettrico interferente - a cui appartiene la linea elettrica - che vanno ad interessare la condotta metallica interrata (Accoppiamento Conduttivo o Resistivo);
- tensioni e correnti generate sulla condotta metallica dal campo elettrico prodotto dai conduttori in tensione appartenenti alla linea elettrica (Accoppiamento Capacitivo).

I suddetti fenomeni elettromagnetici possono essere causa, sia in condizioni di guasto che in condizioni ordinarie di esercizio della linea elettrica, di alcuni significativi inconvenienti:

- rischio di elettrocuzione per le persone che vengono a contatto con la tubazione metallica ed apparati ad essa connessi (es. apparecchi di misura e telecontrollo, stazioni di protezione catodica, ecc.);
- danneggiamento della tubazione metallica (es. corrosione) e degli apparati ad essa connessi (es. guasti per sovratensione);
- malfunzionamento degli apparati connessi alla tubazione metallica (es. diminuzione dell'efficienza del sistema di protezione catodica, alterazione dei dati forniti dai sistemi di misura e telecontrollo, ecc.).

## **1.2. La norma CEI di riferimento**

La norma tecnica di riferimento riguardante le interferenze tra linee elettriche e condotte metalliche è la CEI 304-1 (*Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche. Identificazione dei rischi e limiti di interferenza*).

La suddetta norma definisce, in sintesi, i seguenti aspetti:

- le procedure di valutazione del rischio connesso all'interferenza;
- le distanze d'interferenza;
- i limiti di accettabilità delle interferenze;
- provvedimenti di mitigazione degli effetti dell'interferenza.

La norma stessa non tratta gli aspetti connessi alla corrosione della tubazione metallica, in quanto i fenomeni corrosivi determinati dalla prossimità di linee elettriche in corrente alternata sono tuttora in fase di studio.

Ad ogni modo, alcuni dei provvedimenti tecnici suggeriti dalla norma costituiscono di fatto misure di attenuazione degli eventuali effetti dovuti a innesco di fenomeni corrosivi sulla tubazione metallica.

## **1.3. Distanza di interferenza**

La distanza di interferenza è la massima distanza tra tubazione e linea elettrica in corrispondenza della quale deve essere studiato l'effetto dell'interferenza.

Acquedotto Pugliese stabilisce i seguenti valori di riferimento:

- in caso di linea elettrica in cavo sotterraneo, ubicata in area rurale, si considera una distanza di interferenza pari a 30 m (*caso in esame*);
- in caso di linea elettrica aerea, ubicata in area rurale, si considera una distanza di interferenza pari a 3.000 m;
- in caso di linea elettrica aerea o in cavo sotterraneo, ubicata in area urbana, le suddette distanze di interferenza potranno essere diminuite in base a considerazioni tecniche legate alle specifiche condizioni al contorno e si valuterà caso per caso l'opportunità di effettuare lo studio degli effetti dell'interferenza.

#### **1.4.Limiti di accettabilità dell'interferenza**

Per definire i valori limite di accettabilità dell'interferenza è necessario considerare i seguenti effetti dell'interferenza, sia in condizioni ordinarie di esercizio, che in condizioni di guasto:

- pericolo per le persone;
- danni alla condotta e alle apparecchiature ad essa connesse;
- disturbi alle apparecchiature connesse alla condotta.

Acquedotto Pugliese stabilisce i valori di riferimento di seguito riportati.

##### **1.4.1. Pericolo per le persone**

La tensione (valore efficace) dovuta all'interferenza, misurata rispetto alla terra remota in ogni punto della condotta (apparecchiature incluse) accessibile alle persone, nonché tra le due estremità di ogni giunto dielettrico, non deve eccedere il valore di **60 V**, sia in condizioni di guasto, che in condizioni ordinarie di esercizio.

##### **1.4.2. Danni alla condotta e alle apparecchiature ad essa connesse**

La tensione (valore efficace) dovuta all'interferenza, misurata rispetto alla terra remota in ogni punto della condotta (apparecchiature incluse), nonché tra le due estremità di ogni giunto dielettrico, non deve eccedere il valore di **60 V**, sia in condizioni di guasto, che in condizioni ordinarie di esercizio.

#### **1.4.3. Disturbi alle apparecchiature connesse alla condotta**

La tensione (valore efficace) dovuta all'interferenza, misurata rispetto alla terra remota sulle apparecchiature elettriche ed elettroniche connesse alla condotta, non deve eccedere il valore di **60 V**, in condizioni ordinarie di esercizio.

Tale valore non costituisce un limite di ammissibilità, bensì un semplice valore di riferimento, atteso che i disturbi sulle apparecchiature elettriche ed elettroniche connesse alle tubazioni metalliche possono variare in base alla tipologia di apparecchiature utilizzate.

## **2. Valutazione del rischio di interferenza**

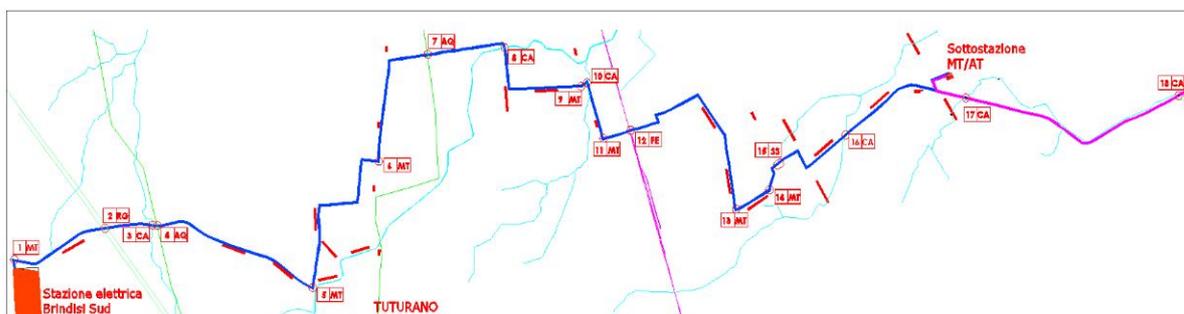
### **2.1. Dati tecnici di base**

I dati del cavidotto a servizio dell'impianto eolico oggetto del presente studio di interferenza sono riportati nel seguito.

#### **Descrizione dell'elettrodotto**

L'energia elettrica prodotta dalle 36 torri sarà convogliata, in media tensione, mediante 4 cavidotti posati e interrati sul fondale marino sino al punto di approdo sulla costa in prossimità della centrale Enel di Cerano. **L'elettrodotto in esame dal punto di vista dell'interferenza elettromagnetica** conterà dal punto di approdo la sottostazione di trasformazione in cui l'energia elettrica in MT verrà trasformata in AT pari a 150 kV. Da quest'ultima con tre cavi del tipo XLPE (in alluminio, tipo ARE4H1H5E sez. 1600 mm<sup>2</sup>) connette la stazione elettrica di Brindisi sud.

Il cavidotto sarà posato in parte in sede propria e parte in sede stradale di tipo comunale e provinciale. Si procederà alla apertura di una sezione di scavo di larghezza pari a 70 cm ed altezza media 1.70 m posando i cavi all'interno della fossa di scavo a distanza reciproca di 20 cm. Il rinterro sarà eseguito in calcestruzzo magro per un'altezza complessiva di 50 cm prevedendo in sommità una piastra di protezione in c.a.v. mentre, la chiusura dello scavo sino alla sede stradale avverrà con materiale inerte. Si prevede nel pacchetto di materiale costituente il riempimento dello scavo, in posizione centrale, la disposizione di un nastro in PVC che segnala la presenza di linea elettrica in alta tensione. La lunghezza complessiva dell'elettrodotto interrato sarà di circa 15 km.



**Elettrodotto**

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dell'elettrodotto.

TRATTO ELETTRDOTTO M.T. (dal punto di approdo alla sottostazione MT/AT)

**IL cavidotto MT 30 kV che convoglia l'energia dal punto d'approdo alla stazione di Trasformazione 30/150 kV è composto da 4 terne da 630 mm<sup>2</sup> con posa a trifoglio ad una profondità di circa 1,5 m. Portata del cavo 752 A.**

Si riporta in seguito la specifica tecnica del cavo utilizzato:

<p style="text-align: center;"><b>Media tensione</b> <b>ARG7H1E</b> UNIPOLARE 12/20 kV e 18/30 kV</p>  <p><b>Norma di riferimento</b> HD 620/CEI 20-13</p> <p><b>Descrizione del cavo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <b>Anima</b> Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio</li> <li>&gt; <b>Semiconduttivo interno</b> Elastomerico estruso</li> <li>&gt; <b>Isolante</b> Mescola speciale di gomma ad alto modulo (tipo DIH2)</li> <li>&gt; <b>Semiconduttivo esterno</b> Elastomerico estruso pelabile a freddo</li> <li>&gt; <b>Schermatura</b> A filo di rame rosso più nastro o fascetto (Rmax 3 Ω/km)</li> <li>&gt; <b>Guaina</b> Polietilene: colore rosso, qualità DMZ 1</li> <li>&gt; <b>Marcatura</b> PRYSMIAN(*) &lt;tensione&gt; &lt;sezione&gt; &lt;anno&gt;</li> </ul> <p>(*) sigla sito produttivo</p> <p><b>Caratteristiche del cavo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Temperatura di sovraccarico massima 140 °C Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300 °C: K=105 N.B. Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della CEI 20-13</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Medium voltage</b> <b>COMPACT105<sup>o</sup>TM</b> SINGLE CORE 12/20 kV and 18/30 kV</p> <p><b>Standard</b> HD 620/CEI 20-13</p> <p><b>Cable design</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <b>Core</b> Compact stranded aluminium conductor</li> <li>&gt; <b>Inner semi-conducting layer</b> Extruded elastomeric compound</li> <li>&gt; <b>Insulation</b> Special high module rubber compound (DIH2 type)</li> <li>&gt; <b>Outer semi-conducting layer</b> Extruded elastomeric compound, easy stripping</li> <li>&gt; <b>Screen</b> Bare copper wire plus copper tape or band (Rmax 3 Ω/km)</li> <li>&gt; <b>Sheath</b> Polyethylene: red colour, DMZ1 type</li> <li>&gt; <b>Marking</b> PRYSMIAN(*) &lt;rated voltage&gt; &lt;cross-section&gt; &lt;year&gt;</li> </ul> <p>(*) production site label</p> <p><b>Cable applications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Overload maximum temperature 140 °C K coefficient for short-circuit temperatures at 300 °C: K=105 N.B.: according to the HD 620 standard for insulation, and the CEI 20-13 for the other characteristics</li> </ul>						
<table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;"><b>105°C</b></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;"><b>300°C</b></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px; text-align: center;">TEMPERATURA FUNZIONAMENTO OPERATING TEMPERATURE</td> <td style="font-size: 8px; text-align: center;">TEMPERATURA CORTOCIRCUITO SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE</td> <td style="font-size: 8px; text-align: center;">RIGIDO RIGID</td> </tr> </table>	<b>105°C</b>	<b>300°C</b>		TEMPERATURA FUNZIONAMENTO OPERATING TEMPERATURE	TEMPERATURA CORTOCIRCUITO SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE	RIGIDO RIGID	
<b>105°C</b>	<b>300°C</b>						
TEMPERATURA FUNZIONAMENTO OPERATING TEMPERATURE	TEMPERATURA CORTOCIRCUITO SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE	RIGIDO RIGID					

CONDUTTORE DI ALLUMINIO						ARG7H1E	ALUMINIUM CONDUCTOR			
sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno massimo	peso del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio		
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	maximum outer diameter	weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil		
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	kg/km	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	p=1°C m/W (A)	p=2°C m/W (A)	
<b>dati costruttivi 12/20 kV construction charact.</b>						<b>caratt. elettriche 12/20 kV electrical charact.</b>				
35	7,0	17,2	26,1	570	340	35	166	155	121	
50	8,2	18,0	26,9	620	350	50	199	184	144	
70	9,7	19,1	28,1	700	370	70	248	226	178	
95	11,4	20,6	29,6	800	390	95	302	270	205	
120	12,9	22,1	31,2	910	410	120	350	308	235	
150	14,0	23,4	32,7	1030	430	150	396	344	261	
185	15,8	25,4	35,0	1210	460	185	458	390	288	
240	18,2	27,8	37,5	1430	490	240	543	453	335	
300	20,8	31,0	41,4	1730	540	300	629	513	380	
400	23,8	34,2	44,6	2090	590	400	738	588	435	
500	26,7	37,1	47,1	2520	620	500	860	670	495	
630	30,5	41,5	51,8	3080	680	630	1000	760	560	
<b>dati costruttivi 18/30 kV construction charact.</b>						<b>caratt. elettriche 18/30 kV electrical charact.</b>				
50	8,2	24,8	34,5	990	450	50	169	182	141	
70	9,7	25,1	34,8	1040	460	70	250	223	174	
95	11,4	26,0	35,8	1120	470	95	304	269	210	
120	12,9	26,9	36,7	1220	480	120	352	305	231	
150	14,0	27,6	37,6	1310	490	150	397	341	259	
185	15,8	29,0	39,1	1450	510	185	458	388	287	
240	18,2	31,4	41,8	1710	550	240	543	450	333	
300	20,8	34,6	45,3	2030	600	300	627	506	375	
400	23,8	37,8	48,9	2420	650	400	734	580	429	
500	26,7	40,9	53,4	2960	700	500	854	660	492	
630	30,5	45,5	58,2	3560	770	630	990	752	588	

TRATTO ELETTRODOTTO A.T. (dalla sottostazione MT/AT alla Stazione Elettrica Brindisi SUD )

**Cavidotto interrato di 15 km a 150 kV in alluminio, tipo ARE4H1H5E sez. 1600 mm<sup>2</sup> posto ad una profondità di posa 1,60 m con interasse tra cavi 0,20 m e riempimento in preparato cementizio tipo 226 Thick Bed Mortar.**

Si riporta in seguito la specifica tecnica del cavo utilizzato:

**TABELLA DI DATI TECNICI**

Tipo di cavo (designazione Prysmian) .....	ARE4H1H5E
Tensione nominale d'isolamento (U <sub>0</sub> /U) kV.....	87/150
Tensione massima permanente di esercizio (U <sub>m</sub> ) kV.....	170
Sezione nominale 1xmm <sup>2</sup> .....	1600
Norme di rispondenza .....	IEC 60840 3° ed.
Gradiente massimo a U <sub>0</sub> = 87 kV kV/mm.....	6,7
Gradiente minimo a U <sub>0</sub> = 87 kV kV/mm.....	4,0

## DATI COSTRUTTIVI

### CONDUTTORE

tipo: corda rotonda compatta

materiale: fili di alluminio

diametro conduttore ca. mm..... 48,0±0,5

### STRATO SEMICONDUCTTORE

strato estruso costituito da miscela estrusa termoindurente

spessore nominale mm..... 1,5

spessore medio minimo mm..... 1,2

spessore minimo assoluto mm..... 0,9

### ISOLANTE

materiale: XLPE

spessore nominale mm..... 17,0

spessore minimo assoluto mm..... 15,3

diametro indicativo mm.....87,7

### STRATO SEMICONDUCTTORE

strato estruso costituito da miscela estrusa termoindurente

spessore nominale mm..... 1,3

spessore medio minimo mm..... 1,0

spessore minimo assoluto mm..... 0,78

strato costituito da nastri semiconduttivi igroespandenti

diametro indicativo (sullo strato estruso) mm.....90,3

### SCHERMO METALLICO

materiale: fili di rame + nastro di rame a controspirale

sezione nominale dello schermo mm<sup>2</sup> .....140

formazione dello schermo (n° fili x diametro fili) n°xmm.....48x2.0

### TAMPONAMENTO LONGITUDINALE

strato costituito da nastri semiconduttivi igroespandenti

### GUAINA METALLICA

materiale: nastro longitudinale di alluminio monoplaccato

spessore nominale mm 0,2

### GUAINA ESTERNA

materiale: PE (grafitata)

qualità: ST7

spessore nominale mm 4,5

spessore minimo assoluto mm 3,73  
DIAMETRO ESTERNO DEL CAVO ca. mm.....108  
PESO NETTO DEL CAVO ca. Kg/m .....12  
MARCATURA DEL CAVO IN RILIEVO SULLA GUAINA ESTERNA:  
"TERNA - CV101/31AI 150 kV 1600 PRYSMIAN (stabilimento) (anno) (trimestre)"

#### PARAMETRI ELETTRICI

Resistenza elettrica del conduttore a 20 °C in corrente continua  $\Omega$ /km.... 0,0186  
(valore massimo accordo alla norma IEC 60228 terza edizione 2004, Tabella 2)  
Resistenza elettrica dello schermo a 20 °C in corrente continua  $\Omega$ /km..... 0,13  
(valore massimo)  
Reattanza di fase a 50 Hz:

- cavi in piano con interasse 0.2 m  $\Omega$ /km..... 0,165
- cavi in piano con interasse 0.3 m  $\Omega$ /km..... 0,182
- cavi in piano con interasse 1.0 m  $\Omega$ /km..... 0,264

#### PARAMETRI TERMICI

Corrente di corto circuito del conduttore per 0.5 s kA..... 208  
(temperature iniziale/finale del conduttore = 90/250 °C)  
Corrente di corto circuito dello schermo per 0.5 s kA..... 31,5  
(temperature iniziale/finale dello schermo = 80/250 °C)

#### PARAMETRI DI INSTALAZIONE

Raggio minimo di curvatura:

con carico applicato

m..... 3,2

senza carico applicato

m..... 2,1

in tubiera m

.....6 · 8

#### PROVE SU CAMPIONI DI CAVO

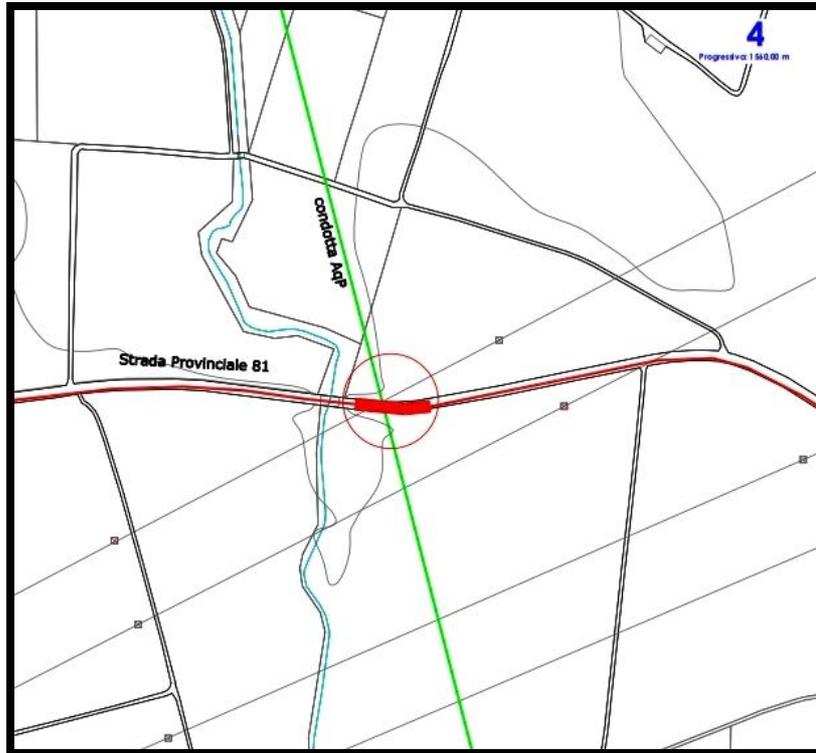
- Le prove sotto indicate saranno eseguite su campioni di cavo finito prelevati dal lotto di fornitura; le regole di campionatura e frequenza delle prove sono indicate nelle norme IEC 60840 3° ed.
- Controllo del conduttore verifica della resistenza elettrica in corrente continua del conduttore e dello schermo metallico riportata alla temperatura di 20 °C
- Misura dello spessore isolante
- Misura dello spessore degli strati semiconduttori
- Verifica dello spessore della guaina esterna
- Verifica delle caratteristiche dimensionali dello schermo metallico
- Prova di allungamento a caldo dell'isolante
- Misura della capacità a 20°C
- Il valore riscontrato non dovrà eccedere per più dell'8%
- il valore di  $\mu\text{F}/\text{km}$  ..... 0,27
- Prova di penetrazione d'acqua nel conduttore con cicli termici
- N° 1 campione per lotti >20 km
- Prove su componenti di cavo con schermo metallico a nastro longitudinale
- N° 1 campione per lotti >20 km

## 2.2.Descrizione dell'Interferenze

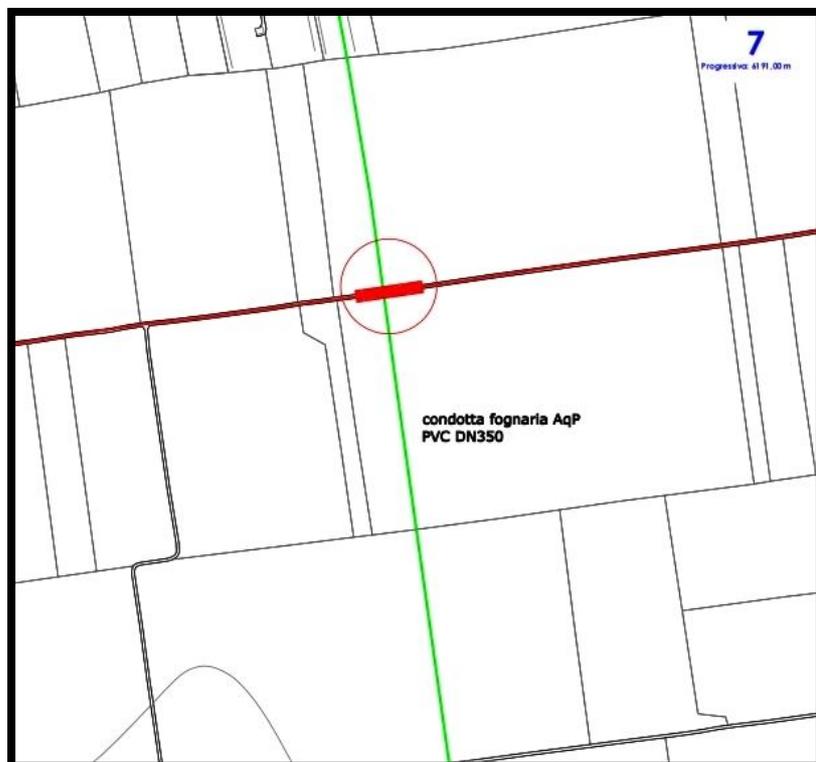
1. **Fascia di suolo (Strada Provinciale 81) tra la Stazione Elettrica Brindisi Sud e la Sottostazione 30/150 kV inserita tra foglio mappale 178 e 158, condotta AQP (Coordinate UTM: Zona 33 T, Distanza verso est 747413.00 m E; Distanza verso nord 4493143.00 m N).**
2. **Fascia di suolo (Strada Provinciale 79) tra la cabina la Stazione Elettrica Brindisi Sud e la Sottostazione 30/150 kV inserita, condotta AQP (Coordinate UTM: Zona 33 T, Distanza verso est 750083.00 m E; Distanza verso nord 4494685.00 m N).**

Il cavidotto di M.T., nei due casi precedentemente descritti, attraversa perpendicolarmente la condotta A.Q.P (DN 350), come si nota dal seguente

inquadramento dove in verde è rappresentata la condotta AQP , in rosso l'elettrodotto in M.T. :

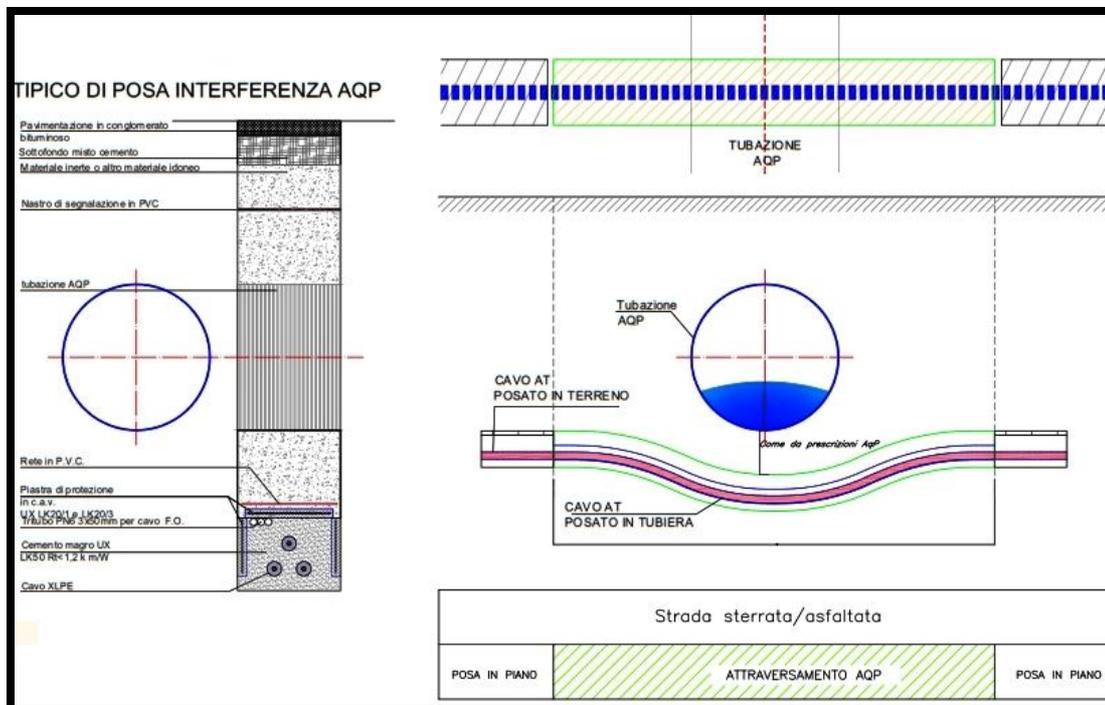


*Interferenza 1*



*Interferenza 2*

Nel caso di interferenza dell'elettrodotto con le tubazioni AQP il tipo di posa è realizzato tenendo conto delle prescrizioni dell'Acquedotto Pugliese:

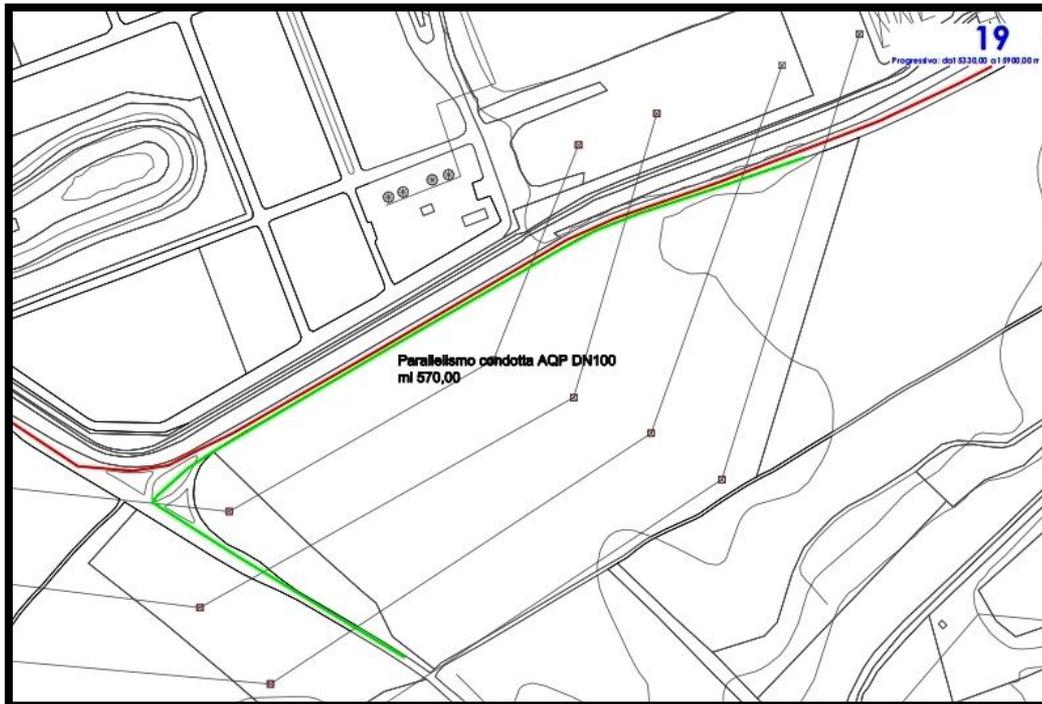


Tipico di Posa Interferenza AQP

Lo studio dell'interferenza elettromagnetica è descritto di seguito.

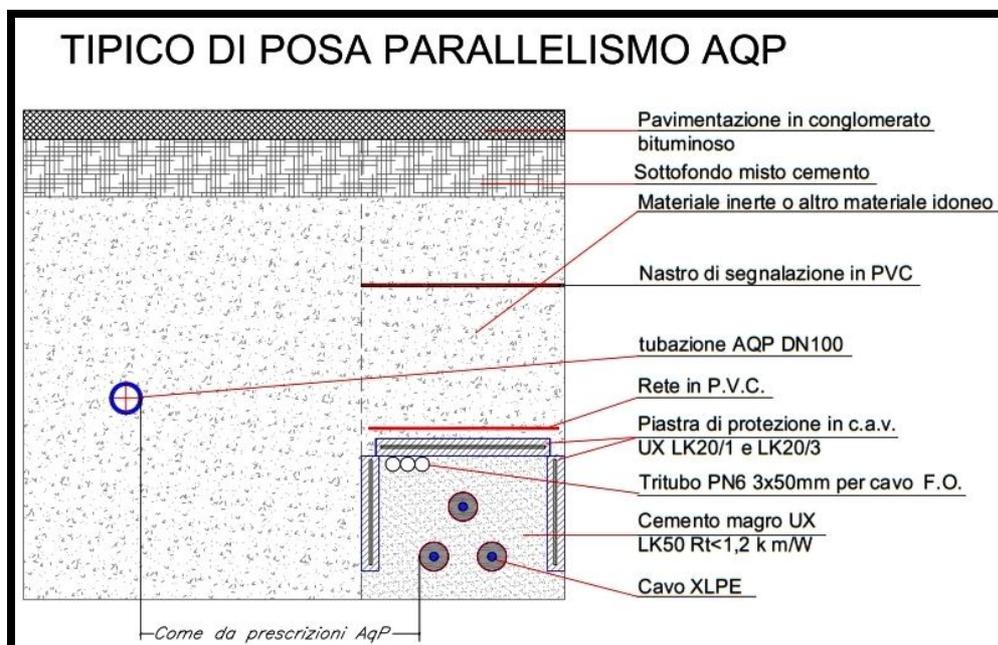
**3. Fascia di suolo tra l'impianto di generazione (punto di approdo) e la Sottostazione 30/150 kV inserita, condotta AQP (Coordinate UTM: Zona 34 T, Distanza verso est 248750.61 m E; Distanza verso nord 4493852.71 m N).**

Il cavidotto di A.T. attraversa parallelamente la condotta A.Q.P (DN 100) per una distanza di 150 m, come si nota dal seguente inquadramento dove in verde è rappresentata la condotta AQP , in rosso l'elettrodotto in M.T. :



*Interferenza 3*

Nel caso di interferenza dell'elettrodotto (parallelismo) con le tubazioni AQP il tipo di posa è realizzato tenendo conto delle prescrizione dell'Acquedotto Pugliese:



*Tipico di posa Parallelismo AQP*

La relazione di valutazione del rischio di interferenza è stata redatta nel rispetto dei seguenti contenuti minimi:

- determinazione delle distanze tra linea elettrica e condotta metallica;
- determinazione dei valori di tensione elettrica generati sulla condotta metallica dall'interferenza, calcolati secondo le metodologie indicate sulla CEI 304 1;
- valutazione dei rischi connessi ai valori di interferenza calcolati;
  - nel caso in cui si riscontri un rischio compreso tra quelli previsti dalla norma CEI 304-1, si valuterà la proposta di provvedimenti tecnici da attuare per la mitigazione degli effetti dell'interferenza.
  - Nel caso in cui sia possibile, ai sensi della citata norma CEI, dichiarare trascurabile il rischio connesso all'interferenza, non si procederà ad ulteriori approfondimenti e/o provvedimenti.

### **2.3. Calcolo della fascia di rispetto**

La fascia di rispetto è lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.

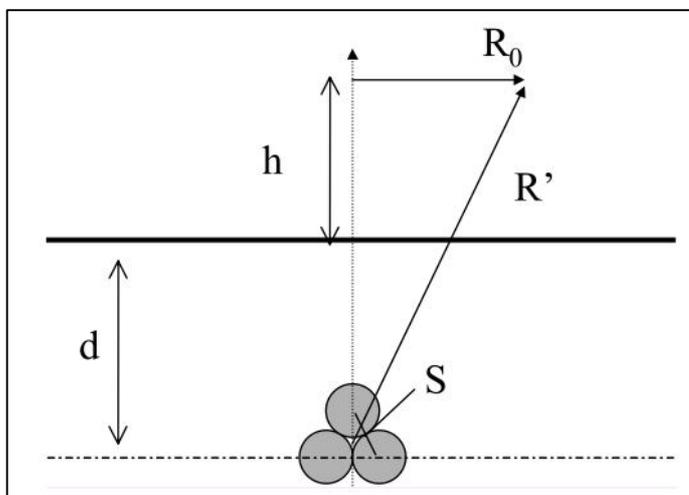
Per il calcolo della fascia di rispetto è utilizzata la formula analitica approssimata come stabilito dalla normativa CEI 106-11 per cavi unipolari posati a trifoglio (interrati). Lo schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obbiettivo di qualità è il seguente:

dove

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2} [\mu T]$$

$$R' = 0,286 * \sqrt{S * I} [m]$$

La formula semplificata per il calcolo diretto della distanza  $R_0$  dell'asse della linea al livello del suolo ( $h=0$ ) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di  $3 \mu T$  è la seguente:



$$R_0 = \sqrt{0,082 * S * I - d^2} [m]$$

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati sia per il cavo A.T. e sia per quello di M.T., posati sia in piano che a

trifoglio, con l'obiettivo di confrontare l'effettiva curva di livello  $B=3 \mu T$ , valutata con il modello normalizzato CEI, con la circonferenza di raggio  $R'$  sopra citata

Occorre che si conoscano i seguenti dati (calcolati nel capitolo precedente):

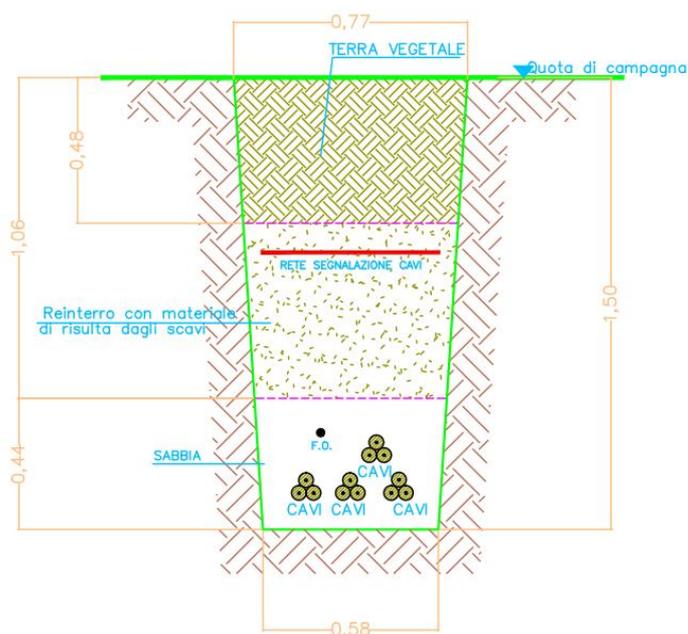
- **Portata in corrente in servizio normale:**

Cavo A.T. : 920 A ;

Cavo M.T. : 752 A

- **Numero e tipologia dei conduttori aerei o dei cavi interrati, loro disposizione relativa e sistema di riferimento all'asse delle linea**

Tratto M.T.



**CAVIDOTTO M.T. IN FREGIO  
ALLE STRADE E ALLE PIAZZOLE**

- *Posa Interrata a trifoglio delle tre terre*
- *Tensione 30 kV*
- *I= 752 A*
- *S=0,20 m*
- *Sezione: 630 mmq*
- *d= 1,60 m (equivalente alla profondità di posa di 1,70 m)*

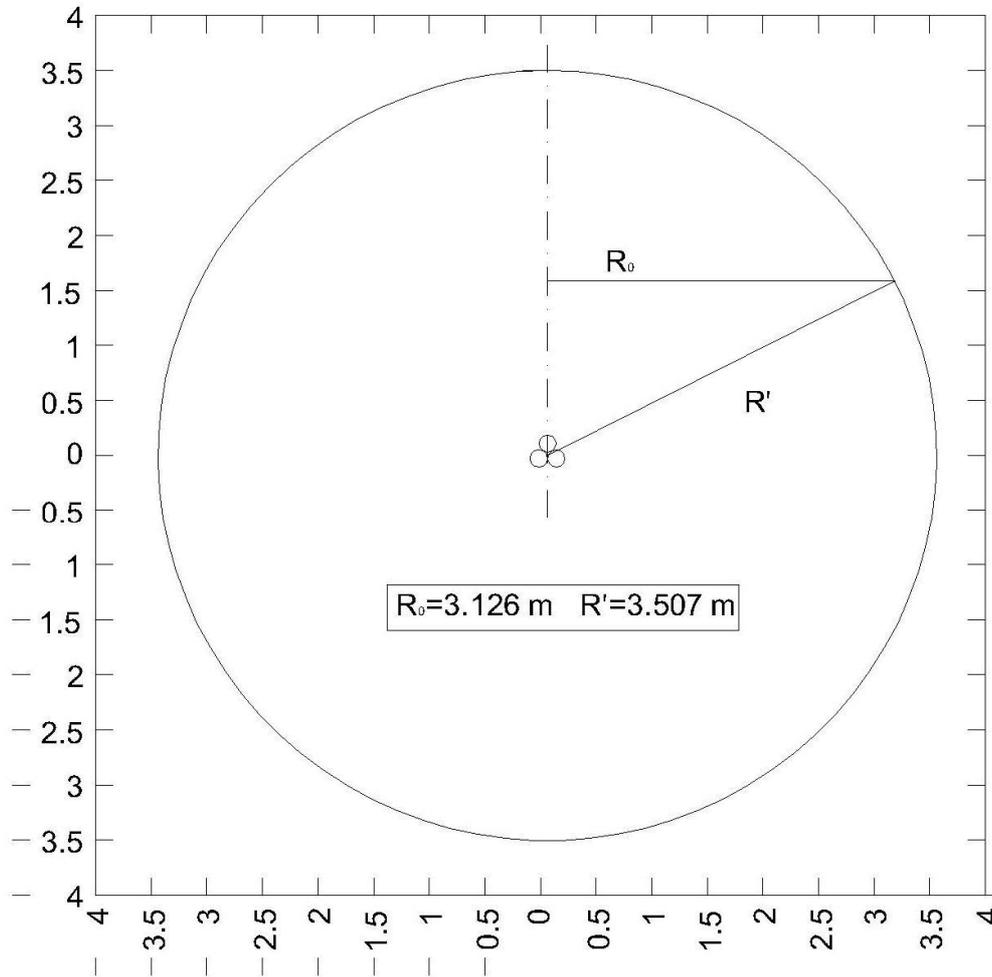
I valori di  $R'$  e  $R_0$  in base alle formule viste sono:

$$R' = 3,507 \text{ m}$$

$$R_0 = 3,126 \text{ m}$$

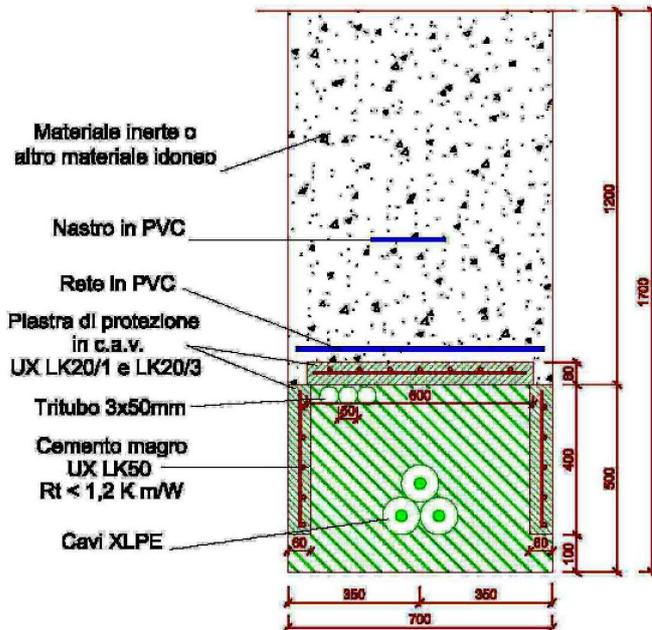
Tale valori rappresentano le fasce di rispetto entro il quale non devono sostare per più di quattro ore le persone. Sono comunque valori che non tengono conto delle schermature adoperate in fase di progettazione sui conduttori elettrici, per

**cui valori restrittivi ma che per una maggiore sicurezza, in caso di cedimento dello schermo, è meglio rispettare.**



Cavi MT posati a trifoglio S=0,20 m; I=752 A

Tratto A.T.



**CAVIDOTTO A.T. IN TERRENO**

**AGRICOLO**

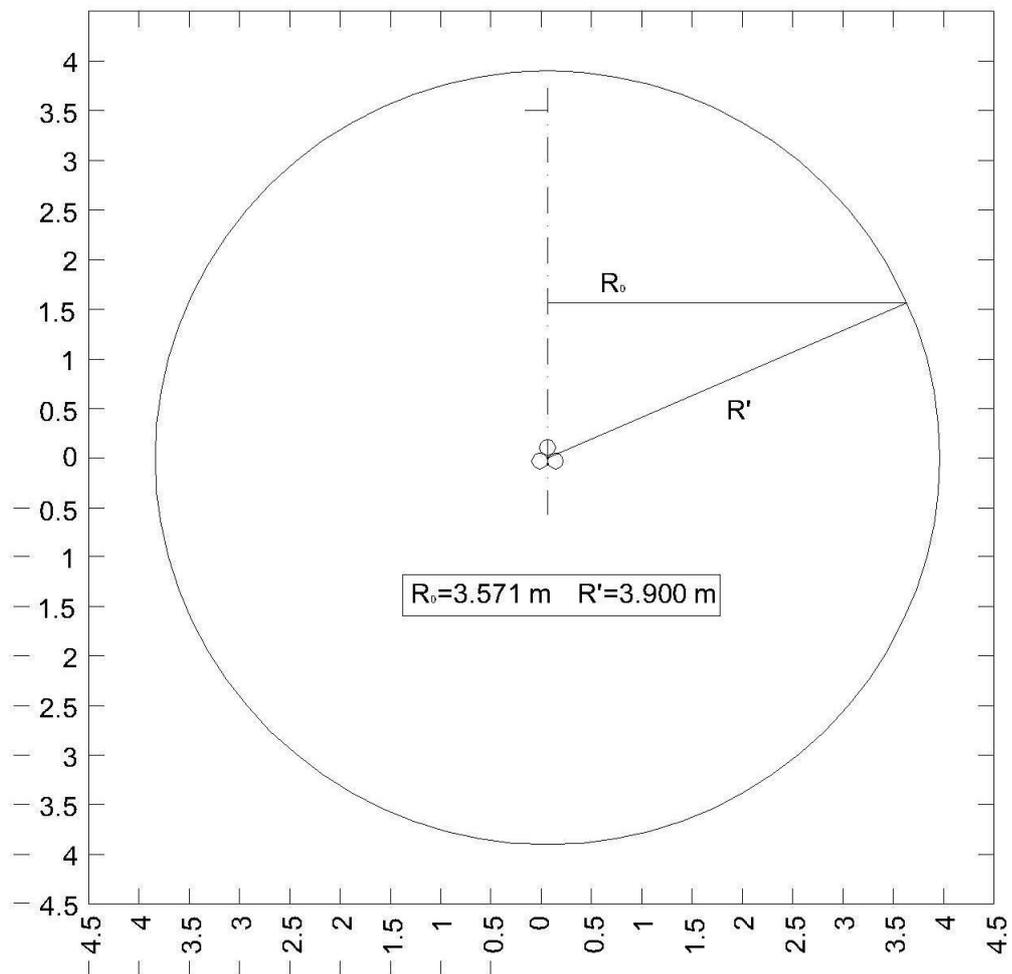
- Posa Interrata a trifoglio
- Tensione 150 kV
- $I = 930 \text{ A}$
- $S = 0,20 \text{ m}$
- Sezione: 1600 mmq
- $d = 1,58 \text{ m}$  (equivalente alla profondità di posa di 1,60 m)

I valori di  $R'$  e  $R_0$  in base alle formule viste sono:

$$R' = 3,900 \text{ m}$$

$$R_0 = 3,571 \text{ m}$$

Tale valori rappresentano le fasce di rispetto entro il quale non devono sostare per più di quattro ore le persone. Sono comunque valori che non tengono conto delle schermature adoperate in fase di progettazione sui conduttori elettrici, per cui valori restrittivi ma che per una maggiore sicurezza, in caso di cedimento dello schermo, è meglio rispettare.



Cavi AT posati a trifoglio S=0,20 m; I=930 A

## **2.4. Provvedimenti per mitigare l'interferenza**

### **2.4.1. Considerazioni generali**

Un provvedimento completo per mitigare gli effetti dell'interferenza consiste nel posizionare la linea elettrica e la tubazione abbastanza lontane l'una dall'altra: la distanza dipende dalla corrente inducente, dalla resistività del suolo e dalla lunghezza del parallelismo. Quando non è possibile fare questo, possono essere attuate misure di mitigazione specifiche sulla tubazione, sulla linea elettrica o da entrambe le parti.

### **2.4.2. Provvedimenti di mitigazione lato tubazione metallica**

#### **2.4.2.1. Strutture di protezione**

Sono utilizzate per accoppiamenti conduttivi; consistono in strutture di rivestimento della tubazione tali da non permettere alla corrente di ritorno a terra relativa alla linea elettrica di potenza di fluire nella tubazione.

#### **2.4.2.2. Limitatori di sovratensioni (SPD)**

I limitatori di sovratensioni (SPD) possono essere utilizzati per collegare la tubazione a terra o collegare le parti opposte di un giunto isolante per ridurre il valore di tensione che si presenta in condizioni di guasto o in particolari condizioni di esercizio molto gravose. Deve essere considerato che quando installati tra la tubazione e la terra per questi dispositivi è richiesto un collegamento a terra avente

una bassa impedenza. Si deve anche considerare che è necessario avere una opportuna differenza fra la tensione d'intervento dell'SPD e la massima tensione indotta in condizioni di esercizio.

#### **2.4.2.3. Giunti isolanti**

I giunti isolanti possono essere inseriti a intervalli lungo la tubazione per realizzare una discontinuità elettrica riducendo la lunghezza dei tratti di tubazione che possono essere interferiti.

#### **2.4.2.4. Conessioni di messa a terra**

I collegamenti di terra possono essere utilizzati per ridurre le tensioni indotte in condizioni di guasto e in condizioni ordinarie di esercizio.

### **2.4.3. Provvedimenti di mitigazione lato linea elettrica**

Per diminuire l'effetto interferente nelle condizioni ordinarie di esercizio è possibile cambiare la disposizione delle fasi della linea elettrica di potenza o mettere i conduttori che appartengono alle varie fasi più vicini l'uno all'altro.

## **2.5. Conclusioni**

L'impatto previsto è per la durata della vita dell'impianto valutata in 25 anni, da quanto esposto nei precedenti paragrafi, le eventuali emissioni di campi elettromagnetici, rispetteranno a pieno le vigenti normative.

**Nel caso di specie, effettuate le opportune verifiche con le metodologie di calcolo stabilite ai sensi della citata norma CEI 304-1 e CEI 106-11, è possibile dichiarare trascurabile il rischio connesso all'interferenza elettromagnetica tra il realizzando elettrodotto e le condotte AQP solo attenendosi ai valori delle fascia di rispetto** calcolata nel capitolo precedente

Non si prevedono pertanto impatti negativi sulla componente floristica e faunistica della zona e si escludono impatti negativi per l'uomo. **I sistemi utilizzati, schermati e a norma, l'interramento dei cavi, minimizzeranno l'esposizione agli eventuali campi elettrici e magnetici lungo il percorso dei cavi o in prossimità della cabina e quadri di rete.**

**Nel caso di specie, effettuate le opportune verifiche con le metodologie di calcolo stabilite ai sensi della citata norma CEI 304-1, è possibile dichiarare trascurabile il rischio connesso all'interferenza elettromagnetica tra il realizzando elettrodotto con le condotte AQP esistenti se verrà rispettata la fascia di rispetto.**  
**Ricapitolando:**

- Elettrodotto M.T. :  $R' = 3,507 \text{ m}$     $R_0 = 3,126 \text{ m}$
- Elettrodotto M.T. :  $R' = 3,900 \text{ m}$     $R_0 = 3,571 \text{ m}$

In riferimento alla portata di esercizio normale da intendersi come sopra definita per la linea MT esterna è stata valutata la distanza massima a cui compaiono i  $3\mu\text{T}$ . All'interno di tale fascia non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore alle quattro ore.

Alla luce dei risultati ottenuti ed illustrati nei paragrafi precedenti, si evince come i tratti di cavo interrato esaminati nella presente relazione rispettino le soglie di attenzione indicate negli articoli 3 e 4 del DPCM 8 Luglio 2003, delle Linee Guida redatte dal gestore delle reti del Sistema Idrico integrato Acquedotto

Pugliese S.p.A. nell'apposito disciplinare in materia di *INTERFERENZA TRA LINEE ELETTRICHE E CONDOTTE METALLICHE* e, più in generale, i limiti e le prescrizioni imposte dalla la norma CEI 304 -1: **Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche:Identificazione dei rischi e limiti di interferenza**

Inoltre, poiché i casi esaminati rappresentano le situazioni più sfavorevoli in termini di emissione elettromagnetica attesa, si evince altresì che **in ordine a tutte le linee elettriche appositamente progettate nell'ambito dello sviluppo dell'elettrodotto, saranno rispettati i valori indicati nella Legislazione vigente sopra richiamata.**

## Leggi e normative

- Vista la legge 22.02.2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- Visto il D.P.C.M. dello 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da elettrodotti.
- Vista la norma CEI 304 -1: **Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche:Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;**
- Considerato che la valutazione del valore della Distanza di prima approssimazione (Dpa) e dell'induzione magnetica sono state definite in base al D.M. 29.05.2008 ed alle guide CEI 106-11 1° parte (fascicolo 8149) e 106-12 (fascicolo 8289);

Lecce, lì 27.03.2013

