

# **Centrale di Fiume Santo: installazione di un impianto a gas a ciclo combinato in sostituzione della generazione elettrica a carbone**

**Fiume Santo S.p.A.**

**Relazione interferenze elettromagnetiche**

**5 agosto 2021**

Ns rif. 040FO00061

## Riferimenti

**Titolo** Centrale di Fiume Santo: installazione di un impianto a gas a ciclo combinato in sostituzione della generazione elettrica a carbone

**Cliente** Fiume Santo S.p.A.

EMISSIONE		TAUW		040FO00031	
0	5/08/2021	Emissione per autorizzazioni	Stangalino	Retini	Stangalino
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

**Numero di pagine** 12

**Data** 5 agosto 2021



## Colophon

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. TAUW Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da TAUW Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo la norma

**UNI EN ISO 9001:2015.**



Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell'informativa sul Trattamento dei Dati Personali su [www.TAUW.it](http://www.TAUW.it).

## Indice

1	Introduzione.....	4
2	Normativa di riferimento .....	4
3	Descrizione dell'impianto.....	5
4	Campi magnetici.....	5
4.1	Generalità.....	5
4.2	Campo magnetico prodotto dalla sottostazione .....	6
4.3	Campo magnetico prodotto dai cavi di alta tensione interni alla centrale .....	6
4.4	Campo magnetico prodotto dai cavi di alta tensione verso Terna .....	7
4.5	Campo magnetico prodotto dai trasformatori AT/MT .....	8
4.6	Campo magnetico prodotto dai trasformatori di unità .....	9
4.7	Campo magnetico prodotto dai trasformatori ausiliari MT/BT .....	10
4.8	Campo magnetico prodotto dai condotti sbarra di media tensione .....	10
4.9	Campo magnetico prodotto dai cavi di media tensione a 6 kV .....	11
5	CAMPI ELETTRICI.....	12
6	ALLEGATI .....	12
7	CONCLUSIONI.....	13

## 1 Introduzione

Il presente documento ha come scopo la valutazione dei campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (sottostazione, trasformatori, linee in cavo in alta e media tensione) installate due nuove unità a ciclo combinato che saranno realizzate all'interno del sito della centrale di Fiume Santo di proprietà Fiume Santo S.p.A. ubicata in provincia di Sassari.

Si tratta della realizzazione ex-novo di due nuovi impianti a ciclo combinato (ciascuno composto da n.3 turbina a gas e turbina a vapore) della potenza di 345 MVA.

Per la connessione in alta tensione si prevede all'allaccio alla stazione a 380 kV di Terna, adiacente alla centrale, tramite due linee in cavo in alta tensione interrato.

La valutazione del campo magnetico consiste nella determinazione della distanza di prima approssimazione (nel seguito indicata con Dpa) in accordo alle prescrizioni del DPCM del 8 luglio 2003.

## 2 Normativa di riferimento

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".
- ✓ Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- ✓ Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 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 (50 Hz) generati dagli elettrodotti.
- ✓ Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- ✓ Norma CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003".
- ✓ Guida CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche".
- ✓ Guida CEI CLC/TR 50453 "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".
- ✓ DLgs 81/2008 del 9/4/2008 "Testo unico sulla sicurezza".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni".

### 3 Descrizione dell'impianto

Il progetto consiste nella costruzione ex novo di due impianti a ciclo combinato su un'area all'interno del sito della esistente centrale termoelettrica.

Ogni ciclo combinato sarà composto da tre generatori accoppiati a turbine a gas e da un generatore accoppiato ad una turbina a vapore.

I nuovi generatori a gas saranno installati all'aperto, dove saranno connessi con condotto sbarre ai trasformatori elevatori (step-up) a tre avvolgimenti e tramite cavi in alta tensione con posa interrata alla sottostazione AT interna alla centrale.

La potenza nominale dei turbogas sarà di 80 MVA

I nuovi generatori a vapore saranno installati all'interno di appositi edifici, dove saranno connessi con linee in cavo ai trasformatori elevatori (step-up) a tre avvolgimenti e tramite cavi in alta tensione con posa interrata alla sottostazione AT interna alla centrale.

La potenza nominale dei turbovapore sarà di 105 MVA

Saranno pertanto previsti complessivamente 2 trasformatori elevatori a tre avvolgimenti per ciascun ciclo combinato di potenza 185/80/105 MVA.

I servizi ausiliari di centrale saranno alimentati dai trasformatori di unità derivati con connessione rigida dai condotti sbarre in uscita dai generatori, come indicato sullo schema unifilare.

### 4 Campi magnetici

#### 4.1 Generalità

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3  $\mu$ T da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la Dpa (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori. A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

#### 4.2 Campo magnetico prodotto dalla sottostazione

La sottostazione in GIS (gas insulated switchgear) è costituita da una struttura metallica all'interno della quale sono installate le apparecchiature elettriche isolate in gas SF6.

Essa è installata all'interno di un edificio a sestante di dimensioni 31,9 x 23 m destinato alla sola installazione della sottostazione.

Essa è costituita da elementi a fasi segregate, con interasse di 1 m, aventi una configurazione molto compatta rispetto alla soluzione tradizionale in aria.

Sfruttando le dimensioni compatte e l'effetto schermante dell'involucro esterno, il campo magnetico prodotto dalla sottostazione isolata in gas si può ritenere trascurabile.

Alla sottostazione sono collegate le linee in cavo di alta tensione provenienti dai trasformatori elevatori dei due cicli combinati e le linee in cavo di alta tensione di collegamento alla stazione Terna. Queste linee in cavo sono posate in cunicoli a pavimento all'interno dell'edificio della sottostazione. Per la presenza di questi cavi in alta tensione, all'interno dell'edificio si ha una induzione magnetica superiore ai 3  $\mu$ T.

#### 4.3 Campo magnetico prodotto dai cavi di alta tensione interni alla centrale

Le caratteristiche dei cavi di alta tensione utilizzati all'interno della centrale per il collegamento dei trasformatori elevatori alla sottostazione sono di seguito riportate:

Tipo di cavo:	230/400 kV
Formazione:	3x(1x500) mm <sup>2</sup>
Tipo di isolamento:	XLPE (polietilene reticolato)
Materiale:	rame
Schermo:	alluminio termosaldato
Sezione schermo:	95 mm <sup>2</sup>
Guaina esterna:	polietilene
Tensione nominale d'isolamento:	230/400 kV
Tensione massima permanente di esercizio:	420 kV
Frequenza:	50 Hz
Portata:	281 A
Diametro esterno:	107 mm

Il calcolo delle fasce di rispetto è stato eseguito in accordo con quanto previsto dal Decreto 29 Maggio 2008 del ministero dell'Ambiente e relativo allegato, valutando:

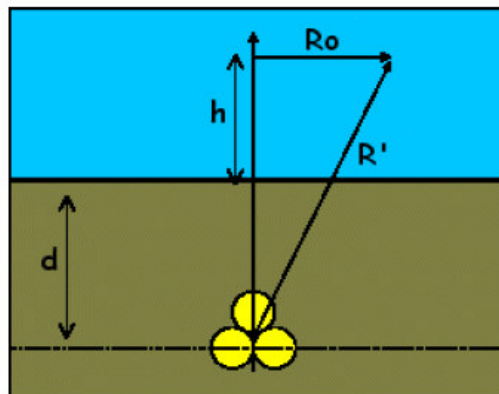
- la distanza di prima approssimazione (DPA) generata dal cavo in oggetto,
- la fascia di rispetto calcolata ad 1m dal suolo.

I suddetti cavi sono posati (a trifoglio) in un cunicolo prefabbricato con una profondità di posa variabile da 1,5 a 3 m. Nello stesso cunicolo sono posate fino a tre terne di cavi di alta tensione.

In riferimento alle suddette condizioni di posa si ottiene una distanza di prima approssimazione  $D_{pa}$ , intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni ( $R'$  nella figura 1), come indicato in tabella.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza  $R_o$  nella figura 1, con  $h=0$ ), come indicato in tabella.

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Terne presenti	Profondità di posa [m]	Diametro esterno [mm]	Distanza tra le terne [mm]	Dpa [m]	Distanza asse a livello del suolo	Valore induzione a 1 m dal suolo [ $\mu T$ ]
1x500	1	3	107		1,6	0	0,46
1x500	2	3	107	400	2,22	1,5	0,92
1x500	3	3	107	400	2,72	2,1	1,38
1x500	3	1,5	107	400	2,72	2,43	3,54



Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)

Figura 1

#### 4.4 Campo magnetico prodotto dai cavi di alta tensione verso Terna

Le caratteristiche dei cavi di alta tensione utilizzati all'interno della centrale per il collegamento dei trasformatori elevatori alla sottostazione sono di seguito riportate:

Tipo di cavo:	230/400 kV
Formazione:	3x(1x1600) mm <sup>2</sup>
Tipo di isolamento:	XLPE (polietilene reticolato)
Materiale:	rame

Ns rif. 040FO00061

Schermo: alluminio termosaldato  
 Sezione schermo: 95 mm<sup>2</sup>  
 Guaina esterna: polietilene  
 Tensione nominale d'isolamento: 230/400 kV  
 Tensione massima permanente di esercizio: 420 kV  
 Frequenza: 50 Hz  
 Portata: 1050 A  
 Diametro esterno: 122 mm

Il calcolo delle fasce di rispetto è stato eseguito in accordo con quanto previsto dal Decreto 29 Maggio 2008 del ministero dell'Ambiente e relativo allegato, valutando:

- la distanza di prima approssimazione (DPA) generata dal cavo in oggetto,
- la fascia di rispetto calcolata ad 1m dal suolo.

I suddetti cavi sono posati (a trifoglio) in un cunicolo prefabbricato con una profondità di posa di 1,5 m. Nello stesso cunicolo sono posate due terne di cavi di alta tensione.

In riferimento alle suddette condizioni di posa si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 1), come indicato in tabella.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 1, con h=0), come indicato in tabella.

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Terne presenti	Profondità di posa [m]	Diametro esterno [mm]	Distanza tra le terne [mm]	Dpa [m]	Distanza asse a livello del suolo	Valore induzione a 1 m dal suolo [μT]
1x1600	2	1,5	107	400	3,24	3,0	5,0

#### 4.5 Campo magnetico prodotto dai trasformatori AT/MT

Le caratteristiche dei trasformatori elevatori sono di seguito indicate:

		TR-1/2/3/4
Potenza nominale	MVA	185/80/105
Tensione nominale primaria	kV	400
Corrente primaria	A	267
Tensione nominale secondaria	kV	11,5
Corrente secondaria	A	4021 / 5278
Regolazione		± 8 x 1,25%
Commutatore		Sotto carico



Ns rif. 040FO00061

Gruppo vettoriale		YNd11
Impedenza di corto circuito (alla potenza e rapporto nominale)	Vcc	15
Sistema di raffreddamento		OFAF

La valutazione del campo magnetico è stata effettuata recependo alcune indicazioni del rapporto CLC/TR 50453 e della Guida CEI 211-4, in quanto nel D.M. 29 maggio 2008 "Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto" non viene contemplato questo particolare caso.

Le indicazioni delle suddette pubblicazioni permettono di poter effettuare le seguenti considerazioni:

- ✓ I valori più significativi del campo magnetico a frequenza di rete sono dovuti alla corrente che circola nei terminali a tensione inferiore.
- ✓ Il campo magnetico del trasformatore, prodotto dalle correnti che circolano negli avvolgimenti può essere trascurato.

Il singolo trasformatore elevatore è a doppio avvolgimento secondario. Uno dei due trasformatori della singola unità è collegato al generatore della turbina a vapore (avvolgimento da 105 MVA) con cavi di media tensione, mentre il collegamento al generatore della turbina a gas avviene sempre per mezzo di condotti sbarre a fasi segregate.

Pertanto come sorgente di emissione del campo magnetico si considerano i cavi di media tensione del generatore della turbina a vapore, collegati ai terminali del trasformatore elevatore.

I terminali di media tensione sono distanziati di 0,35 m e sono interessati dalla corrente nominale lato media tensione (avvolgimento da 105 MVA).

Pertanto la distanza di prima approssimazione risulta essere di 15 m e si sviluppa in ogni direzione a partire dall'avvolgimento secondario.

#### 4.6 Campo magnetico prodotto dai trasformatori di unità

Le caratteristiche dei trasformatori di unità sono di seguito indicate:

		<b>TR-AUX1/2/3/4</b>
Potenza nominale	MVA	12
Tensione nominale primaria	kV	11,5
Tensione nominale secondaria	kV	6,3
Corrente nominale secondaria	A	1101
Regolazione		± 2 x 2,5%
Commutatore		Sottocarico
Gruppo vettoriale		Dyn1
Impedenza di corto circuito (alla potenza e rapporto nominale)	Vcc	8
Sistema di raffreddamento		ONAN/ONAF

Sulla base delle considerazioni esposte al paragrafo precedente, si può ritenere che i valori più significativi sono quelli prodotti dai cavi elettrici di media tensione collegati all'avvolgimento secondario.

In corrispondenza dei terminali di media tensione i cavi di ogni fase sono tutti raggruppati insieme e collegati allo stesso terminale. La distanza tra i terminali di media tensione è di 350 mm.

Considerando come valore di corrente quella nominale dell'avvolgimento secondario del trasformatore (1101 A), si ottiene un valore della distanza di prima approssimazione pari a 7 m, che si sviluppa in tutte le direzioni a partire dai terminali dell'avvolgimento secondario.

#### 4.7 Campo magnetico prodotto dai trasformatori ausiliari MT/BT

Le caratteristiche dei trasformatori ausiliari sono di seguito indicate:

		<b>TU-B1/2/3/4</b>
Potenza nominale	MVA	2,0
Tensione nominale primaria	kV	6
Tensione nominale secondaria	kV	0,4
Regolazione		$\pm 2 \times 2,5\%$
Commutatore		A vuoto
Gruppo vettoriale		Dyn11
Impedenza di corto circuito	Vcc	6
Sistema di raffreddamento		ONAN

Il singolo trasformatore è collegato al relativo quadro di bassa tensione per mezzo di cavi di bassa tensione collegati in parallelo su ogni fase (7 cavi 1x240 mm<sup>2</sup> per fase – diametro 30,4 mm).

Per il calcolo viene utilizzata la formula indicata nell'art. 5.2.1 del Decreto 29 Maggio 2008, nella quale inserendo i suddetti valori si ottiene una fascia di rispetto e quindi una Dpa (Distanza di Prima Approssimazione) di 9,8 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla.

In accordo alle prescrizioni dell'Art. 5.2 del Decreto 29 Maggio 2008 comma 2 lettera b) il valore della Dpa viene arrotondato al mezzo metro superiore, pertanto ne consegue un valore pari a 10 m. La distanza di prima approssimazione si sviluppa in tutte le direzioni.

#### 4.8 Campo magnetico prodotto dai condotti sbarra di media tensione

I condotti sbarra a 11,5 kV che collegano i generatori delle turbine a gas ai trasformatori elevatori sono realizzati a fasi segregate con conduttori di alluminio, con isolamento in aria e struttura di contenimento metallica.

Ogni conduttore è a sua volta contenuto all'interno di un involucro di alluminio di pari sezione, dove per effetto dei campi magnetici risulta percorso da una corrente pari a quella del conduttore principale.

Le correnti indotte sugli involucri dei condotti hanno pertanto l'effetto di una completa schermatura del campo magnetico, che risulta nullo all'esterno degli stessi.

#### 4.9 Campo magnetico prodotto dai cavi di media tensione a 6 kV

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento dei generatori delle turbine a vapore ai trasformatori elevatori hanno le seguenti caratteristiche:

Tipo di cavo	unipolare
Conduttore:	rame ricotto stagnato secondo norma CEI 20-29
Forma conduttore:	corda rotonda compatta
Isolamento:	mescola etilenpropilenica di qualità G7 (HEPR)
Strati semiconduttori:	strati estrusi di materiale elastomerico semiconduttore
Schermo metallico:	rame non stagnato
Guaina esterna:	mescola termoplastica in PVC qualità Rz
Temperatura massima:	90 °C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Posa:	interrata in tubo
Tensione nom. isolamento:	12/20 kV

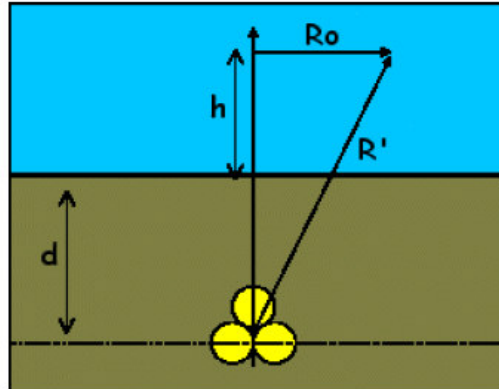
Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- ✓ Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- ✓ Cavi posati a trifoglio ad una profondità di posa di 1,2 m, terne distanziate di 200 mm

In riferimento alle suddette condizioni di posa si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 2), come indicato in tabella.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 2, con h=0), come indicato in tabella.

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Terne presenti	Profondità di posa [m]	Diametro esterno [mm]	Distanza tra le terne [mm]	Dpa [m]	Distanza asse a livello del suolo	Valore induzione a 1 m dal suolo [μT]
1x630	6	1,2	59	200	5,1	4,9	15,8



Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)

Figura 2

## 5 CAMPI ELETTRICI

Tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, per cui i campi elettrici risultanti all'esterno sono del tutto trascurabili o nulli.

Tutti gli schermi o le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, ovvero zero, agli stessi, col risultato di schermare completamente i campi elettrici.

Anche nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero essere totali, sicuramente le fasce di rispetto dovute ai campi elettrici saranno ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici.

Per le linee in cavo di alta e media tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo o comunque inferiore al valore di 5 kV/m imposto dalla Norma.

## 6 ALLEGATI

Documento 040FO00038 Planimetria Dpa

## 7 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti evidenziano che le Distanze di Prima Approssimazione (DPA) calcolate per  $3 \mu\text{T}$  (obiettivo di qualità) interessano esclusivamente aree interne alla Centrale di Fiume Santo dove non è prevista la permanenza abituale di personale esterno per un periodo superiore alle 4 ore, ed essendo contenute all'interno o nei dintorni dell'area di insediamento della nuova centrale non coinvolgono né civili abitazioni, né locali pubblici con permanenza di persone, né luoghi di divertimento o svago.

Inoltre, poiché tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, i campi elettrici risultanti sono del tutto trascurabili (le relative fasce di rispetto sono ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici sopra dette) o nulli. Per le linee in cavo di alta e media tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo o comunque inferiore al valore di  $5 \text{ kV/m}$  imposto dalla Norma.