

<b>IE-01</b>	Località	<b>FIRENZE</b> <b>Via Panciatichi</b>	Commessa <i>LT5</i>	
	Comune	<b>Firenze</b>	Rev.	00
Progetto		<b>COGENERAZIONE LT5</b>	Pag. 1 di 21	

## RELAZIONE SUI LIMITI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

### NUOVO IMPIANTO DI COGENERAZIONE IN MEDIA TENSIONE 11,0Kv- 50HZ NUOVO IMPIANTO TURBINA A GAS LT5

#### ALL'INTERNO DELLO STABILIMENTO NUOVO PIGNONE DI FIRENZE

Il tecnico

**Ing. Massimo Bartoli**

Via repubblica 11 -50023 Tavarnuzze (FI)  
Tel-fax 055 2374150, cell. 3356829005  
e-mail: xenia-ing@libero.it



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato
01	Rev. 10 gennaio 2020	AL	MB
00	Emissione	AL	MB
		Doc. n. 01.NP-2019	
		Giugno 2019	

## INDICE

<b>1</b>	<b>SCOPO DELL'INDAGINE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DEFINIZIONI.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>LIMITI DI ESPOSIZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>SORGENTI IN CORRENTE ALTERNATA .....</b>	<b>7</b>
	5.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA .....	7
	5.2 CALCOLO INDUZIONE MAGNETICA .....	13
	5.3 CAVI MEDIA TENSIONE INTERRATI.....	19
	5.4 CAMPO ELETTRICO .....	20
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>21</b>

## 1 SCOPO DELL'INDAGINE

L'indagine ha come scopo la caratterizzazione previsionale dei campi elettromagnetici generati dal nuovo impianto di cogenerazione in media tensione a 11,0 kV – 50Hz, all'interno dello stabilimento Nuovo Pignone di Firenze, Via Panciatichi al fine di valutare l'impatto ambientale dello stesso.

L'analisi previsionale è stata eseguita in ottemperanza al D.P.C.M. 8/7/2003 e D.m. 29/05/2008 incluse aree previste come ambiente di lavoro al Capo I, Titolo VIII del D.Lgs 81/2008.

L'impianto di cogenerazione NovaLT5-1 e' costituito principalmente da turbina alimentata a gas naturale del tipo Dry Low NOx (DLN). E composta da un basamento unico su cui sono posizionate:

- 1) turbina a gas,
- 2) moltiplicatore
- 3) generatore in media tensione
- 4) sistema di lubrificazione integrato
- 5) sistema di controllo gas combustibile
- 6) sistemi di avviamento a bassa tensione
- 7) sistemi di filtraggio di ventilazione di ingresso e di uscita

Inoltre i sistemi di alimentazione ausiliari sono installati in locale tecnico adiacente all'impianto di produzione. L'alimentazione BT e' fornita direttamente da Nuovo Pignone. La vista d'insieme del sistema turbina generatore condotti e' il seguente:



L'intero impianto sarà collegato:

- a) Lato media tensione con l'adiacente rete in media tensione dello stabilimento Nuovo Pignone
- b) Lato bassa tensione sarà alimentato direttamente a 400Vac-50Hz dall'impianto Bt esistente all'interno dello stabilimento Nuovo Pignone

Sono state prese in considerazione le sorgenti ritenute più significative in particolare:

1. Generatore in media tensione (11,0kV-50Hz) e relativo sistema di distribuzione interrato
2. Sistemi di alimentazione in bassa tensione (400Vac-50Hz) dell'impianto a servizio delle utenze a servizio dell'area, considerato a favore della sicurezza anche se non obbligatorio.

L'impianto si sviluppa interamente all'interno dell'area industriale "Nuovo Pignone" senza interessare nessuna zona pubblica, essendo l'impianto ubicato interamente all'interno della proprietà'.

Non saranno presenti sorgenti di campi a radiofrequenza diverse da quelle di normale impiego civile (telefoni cellulari etc.) che non richiedono ulteriori valutazioni.

## 2 DEFINIZIONI

Dalla Legge 22/02/2001 n. 36 "Legge Quadro sulla protezione esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici":

Valgono le seguenti definizioni: [art. 3 comma 1]

"a) esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;"

"b) limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'art. 1, comma 1, lettera a);"

"c) valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei termini e nei modi previsti dalla legge;"

“d) obiettivo di qualità sono: i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all’articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell’esposizione ai campi medesimi;”

“e) elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;”

“f) esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;”

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

#### Leggi e Decreti

- D. LGS 1 agosto 2016, n. 159 - Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)
- LEGGE 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”
- D.P.C.M. 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”.
- D.M. 29 maggio 2008 “Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto”
- D.Lgs 81/08 (testo unico sulla sicurezza sul lavoro)

#### E la normativa tecnica applicabile

- CEI EN 50499 Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici
- CEI EN 50413 Norma di base sulle procedure di misura e di calcolo per l'esposizione umana ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz)
- CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- CEI 106-11 “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”;

- CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT";
- CEI EN 50413 - Norma di base sulle procedure di misura e di calcolo per l'esposizione umana ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz).
- CEI EN 62233 - Metodi di misura per campi elettromagnetici degli apparecchi elettrici di uso domestico e similari con riferimento all'esposizione umana.
- Guida CEI 99-4 "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente utente finale;
- Guida CEI 14-24 (CEI R014-001) "Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza";

## 4 LIMITI DI ESPOSIZIONE

Per la popolazione A livello nazionale valgono i limiti fissati dal DPCM 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 (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Nel decreto vengono fissati i seguenti valori:

- Limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico;
- Valore di attenzione da applicarsi nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere di 10  $\mu$ T;
- Obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T.

Con particolare riferimento agli elettrodotti il DM 29/05/08 stabilisce la procedura da adottare per determinare le fasce di rispetto dagli stessi costituiti da linee aeree o interrate. Tale procedura non si applica a:

- Linee a frequenza diversa da quella di rete (50Hz);
- Linee di classe 0 secondo il decreto interministeriale 21/3/88 (linee telefoniche);
- Linee di prima classe secondo il decreto interministeriale 21/3/88 (linee con tensioni <1000V);
- Linee in media tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

In via preliminare occorre precisare che, se la fascia di rispetto rimane all'interno dell'area di pertinenza dell'azienda (nel caso in oggetto all'interno della proprietà), il

DPCM 8/7/03 non si applica, essendo espressamente finalizzato alla tutela della popolazione e non dei soggetti esposti al campo magnetico per ragioni professionali.

Per i lavoratori A livello nazionale valgono i limiti fissati dal D. Lgs n. 81, GU 30 Aprile 2008 : Il testo unico in materia di sicurezza sul lavoro ridisegna il quadro della salute e sicurezza sul lavoro, in recepimento della direttiva europea 2004/40/CE. Le disposizioni generali sulla protezione dagli agenti fisici sono contenute nel Capo I del Titolo VIII:

- L'articolo 180 identifica gli agenti fisici di interesse e include tra essi, per la prima volta, i campi elettromagnetici.
- L'articolo 181, anche tramite il richiamo al più generale articolo 28 sulla valutazione dei rischi, impone al datore di lavoro la valutazione dei rischi relativi a tutti gli agenti fisici e l'adozione delle opportune misure di prevenzione e protezione. Relativamente ai lavoratori professionalmente esposti il valore di azione da non superare è fissato pari a
  - 500  $\mu$ T, per B (induzione magnetica)
  - 10 kV/m per E (campo elettrico)

## 5 SORGENTI IN CORRENTE ALTERNATA

Per la valutazione del campo magnetico prodotto dai conduttori e dalle apparecchiature in corrente alternata sono stati considerati rispettivamente:

- 1) Il generatore di media tensione collegato alla turbina. Dati nominali del generatore 11kV – 320A
- 2) Linea alimentazione impianto in bassa tensione a 400Vac- 50Hz 360kVA – 520A corrente massima
- 3) Linea BT alimentazione motore di lancio 400Vac – 160A

L'impianto si sviluppa principalmente interrato a quote -150cm (linee BT) e -150cm (linee MT) rispetto alla quota del piazzale esterno (assunta come quota zero di riferimento). E' inoltre presente un locale tecnico in cui sono posizionati i quadri di protezione e controllo.

L'intero impianto non e' presidiato in quanto telegestito da remoto.

### 5.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'Area di intervento si sviluppera' in area tecnologica interno allo stabilimento Nuovo Pignone gia' destinata ad come uso ad impianti tecnologici come mostrato nella vista aerea dell'area:



Fig. 1 – vista aerea dell'area di intervento

Il layout di dettaglio dell'area di intervento il seguente:



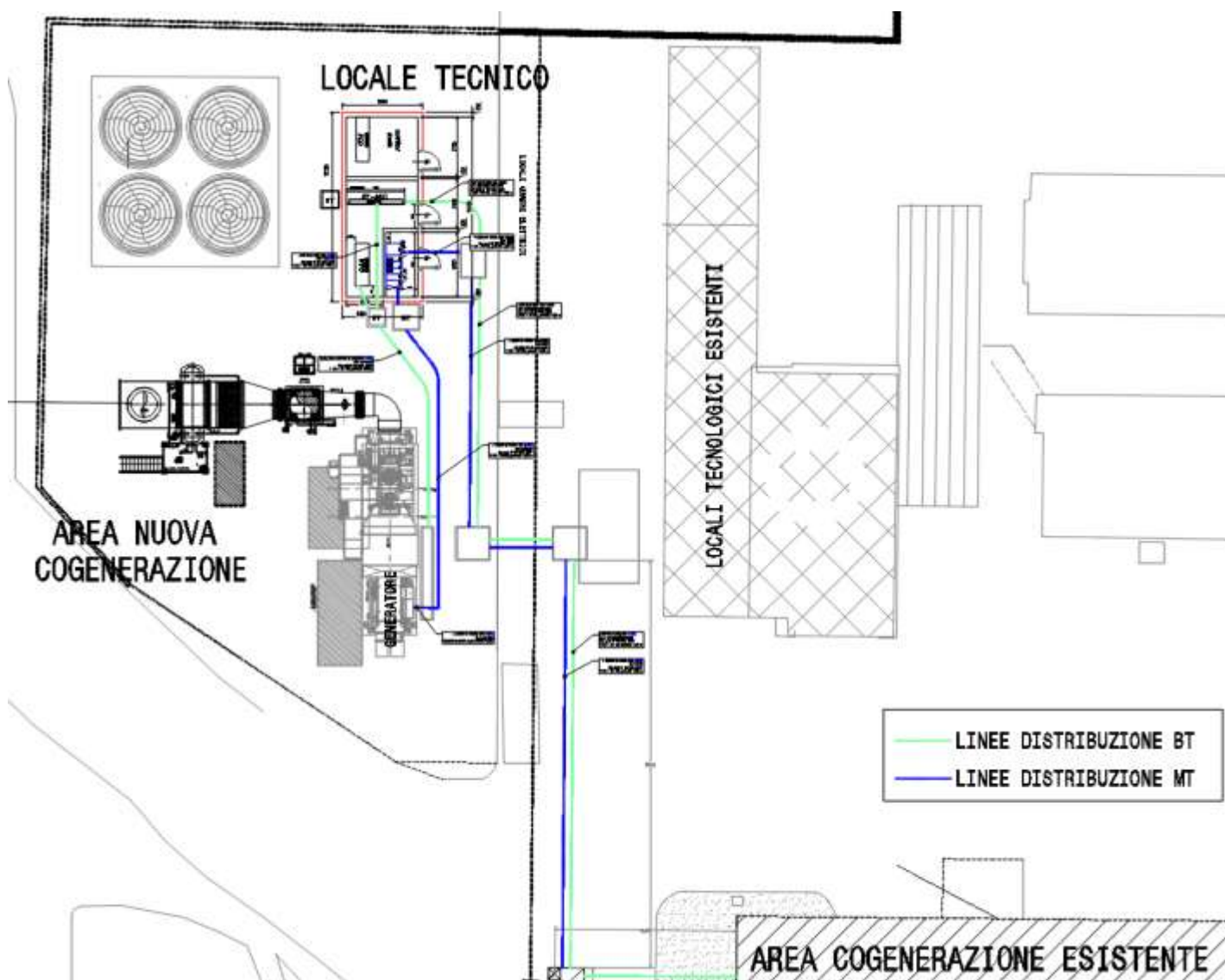


Fig. 2 – Area di intervento

In cui si evidenziano l'area di cogenerazione esistente, i locali tecnologici adiacenti al nuovo impianto, il nuovo sistema turbogas e relativo generatore, il locale tecnico per quadri di protezione e controllo ed i percorsi interrati dei cavi MT (in blu) e dei cavi per alimentazione ausiliaria BT (in verde).

Il dettaglio dei cavi media tensione zona generatore e' il seguente:

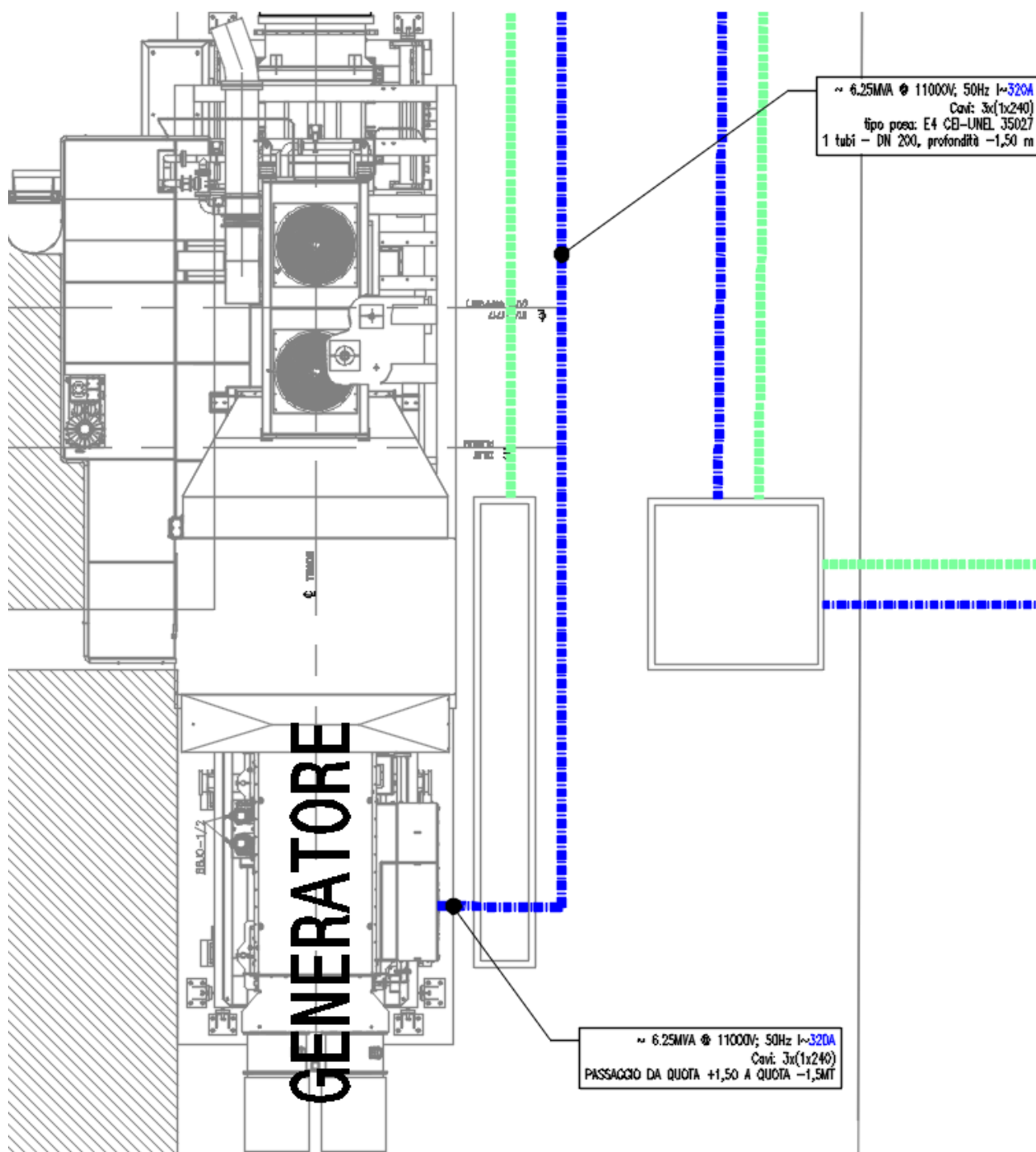


Fig. 3 – Dettaglio area generatore

Le linee in cavo sotterraneo sia di media tensione che di bassa tensione (dorsale alimentazione ausiliari di cabina) saranno di tipo elicordato e saranno posate ad una profondità di minimo 1,5 mt per i cavi BT e di 1,5mt per i cavi MT cm per cui, in base alle valutazioni riportate di seguito, già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3

$\mu\text{T}$ . Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto come già detto presentano una DPA TRASCURABILE, in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque. Essendo quindi l'intero tracciato interrato e realizzato con cavi elicordati, si ritiene che l'obiettivo di qualità sia rispettato già al suolo sull'asse del cavo.

Si prevede che tutte linee MT in ingresso ed uscita sono da valutare come impatto per induzione magnetica tenendo presente che saranno impiegati conduttori tripolari elicordati (cavo cordato ad elica) per cui a termine di legge non si applica la valutazione delle emissioni del campo magnetico prodotto da tali linee.

A favore della sicurezza di e' proceduto aslla valutazione analitica riportata di seguito. I cavi MT (3x1x240) elicordati che escono dal generatore e si interrano fino a raggiungere una profondita' di interramento di -1,5mt, scondo il seguente sviluppo:

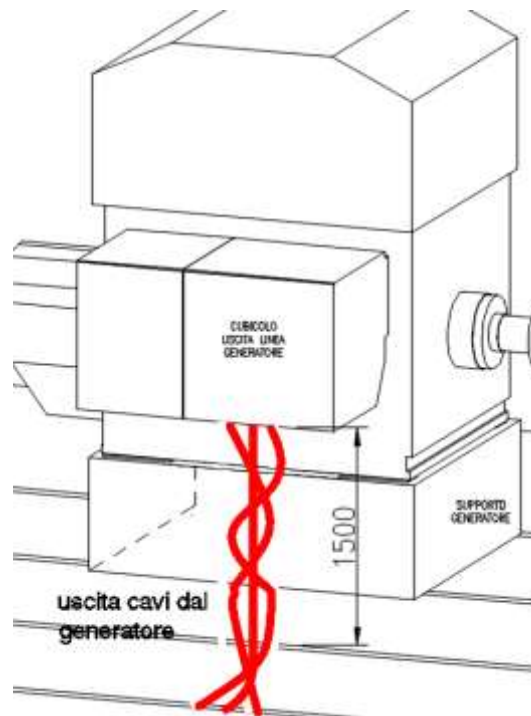


Fig. 4 – Dettaglio Uscita cavi generatore

I cavi dal generatore, attraverso il percorso interrato suddetto, raggiungono il locale tecnico dove sono ubicati in quadro protezione generatore ed i quadri ausiliari BT a servizio degli ausiliari dell'impianto. Il Locale tecnico quadri elettrici (locale non presidiato) e' il seguente:

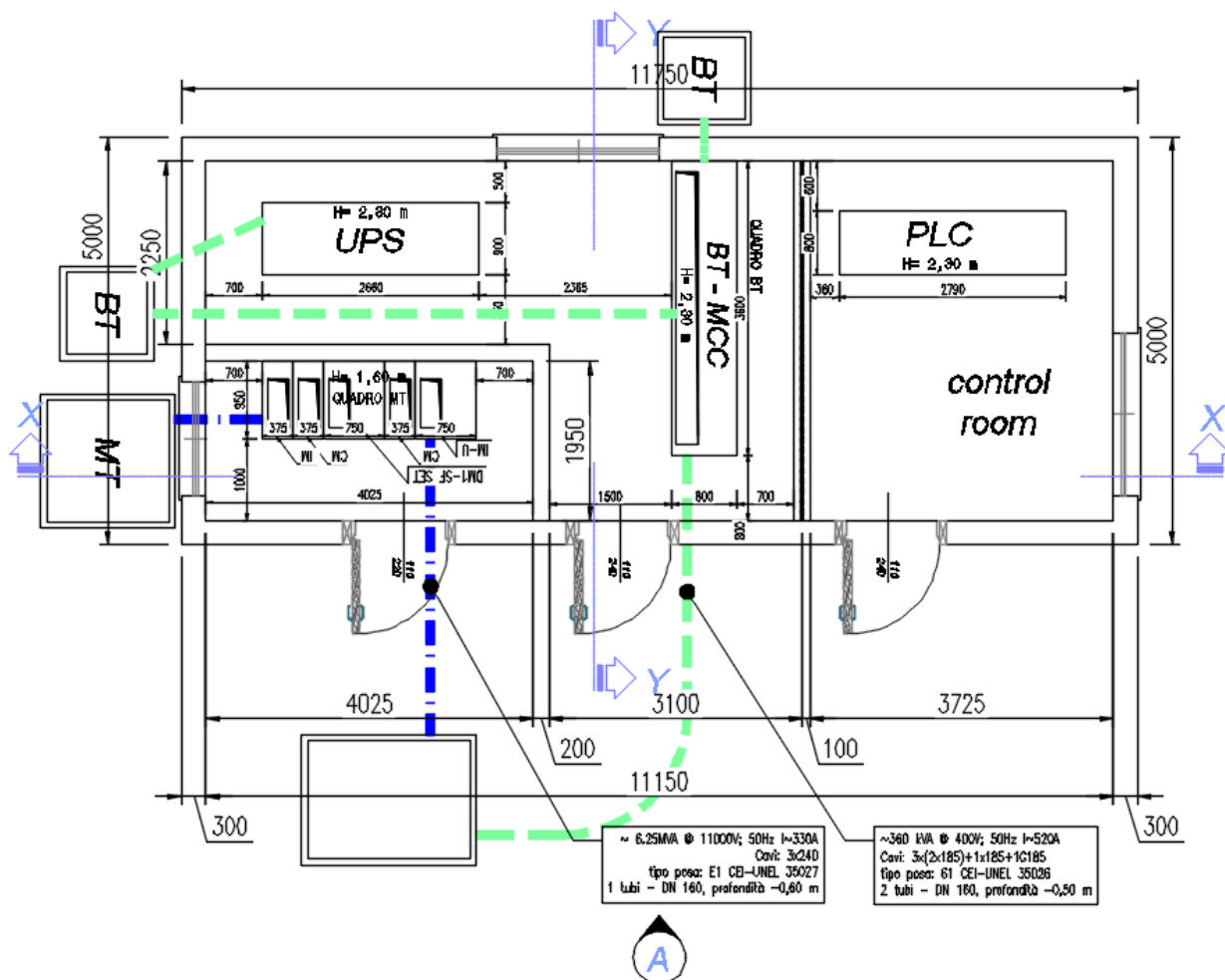


Fig. 5 – Layout locale tecnico

Si tratta di un locale tecnico di dimensioni circa 12x5mt suddiviso in locale quadro MT a protezione generatore, locale quadri BT per alimentazione ausiliari di macchina (alimentazione BT da stabilimento NP), e locale quadro PLC di controllo e supervisione impianto. La vista in sezione della cabina e' la seguente:

**SEZIONE X-X**

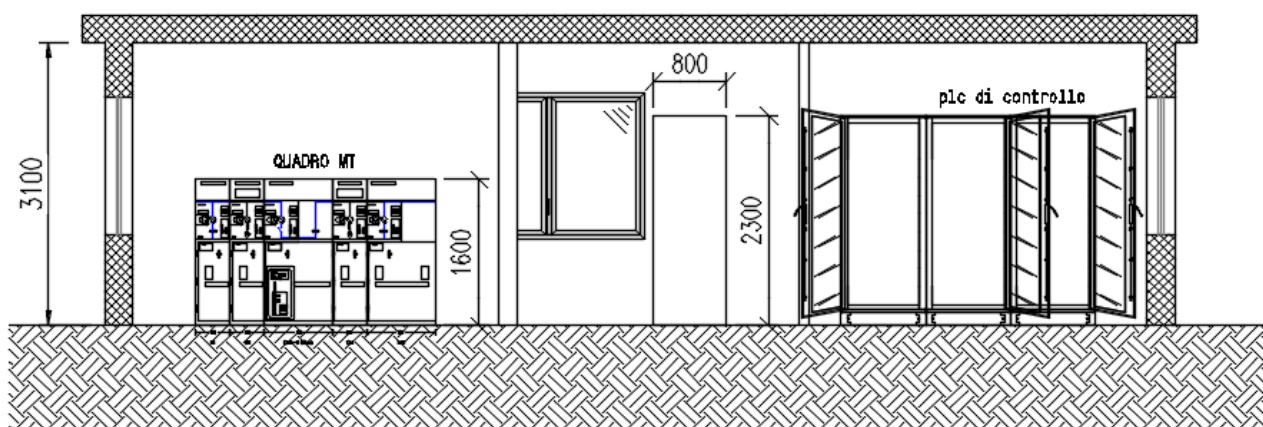


Fig. 6 – Sezione X-X locale tecnico

## SEZIONE Y - Y

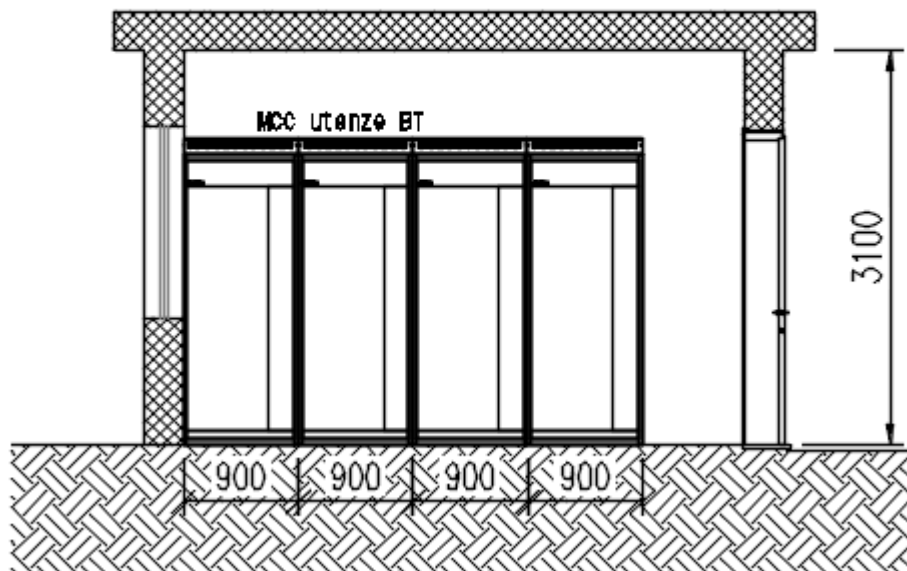


Fig. 7 – Sezione Y-Y locale tecnico

### 5.2 CALCOLO INDUZIONE MAGNETICA

Il calcolo dell'induzione magnetica è stato realizzato con il programma **NARDA EFC-400-LF** che permette una modellazione tridimensionale di cui si riportano i risultati principali.

La modellazione evidenzia che a livello del suolo il campo si mantiene a valori inferiori a 0,9 microT per la maggior parte del percorso interrato ad eccezione delle seguenti zone:

- 1) della zona uscita cavi dal generatore e passaggio da fuoriterra a passaggio interrato
- 2) nei pressi del locale tecnico, in quanto in cavi per raggiungere le apparecchiature nel fabbricato hanno uno sviluppo più superficiale.

Questo l'output della pianta generale a quota +0,00:

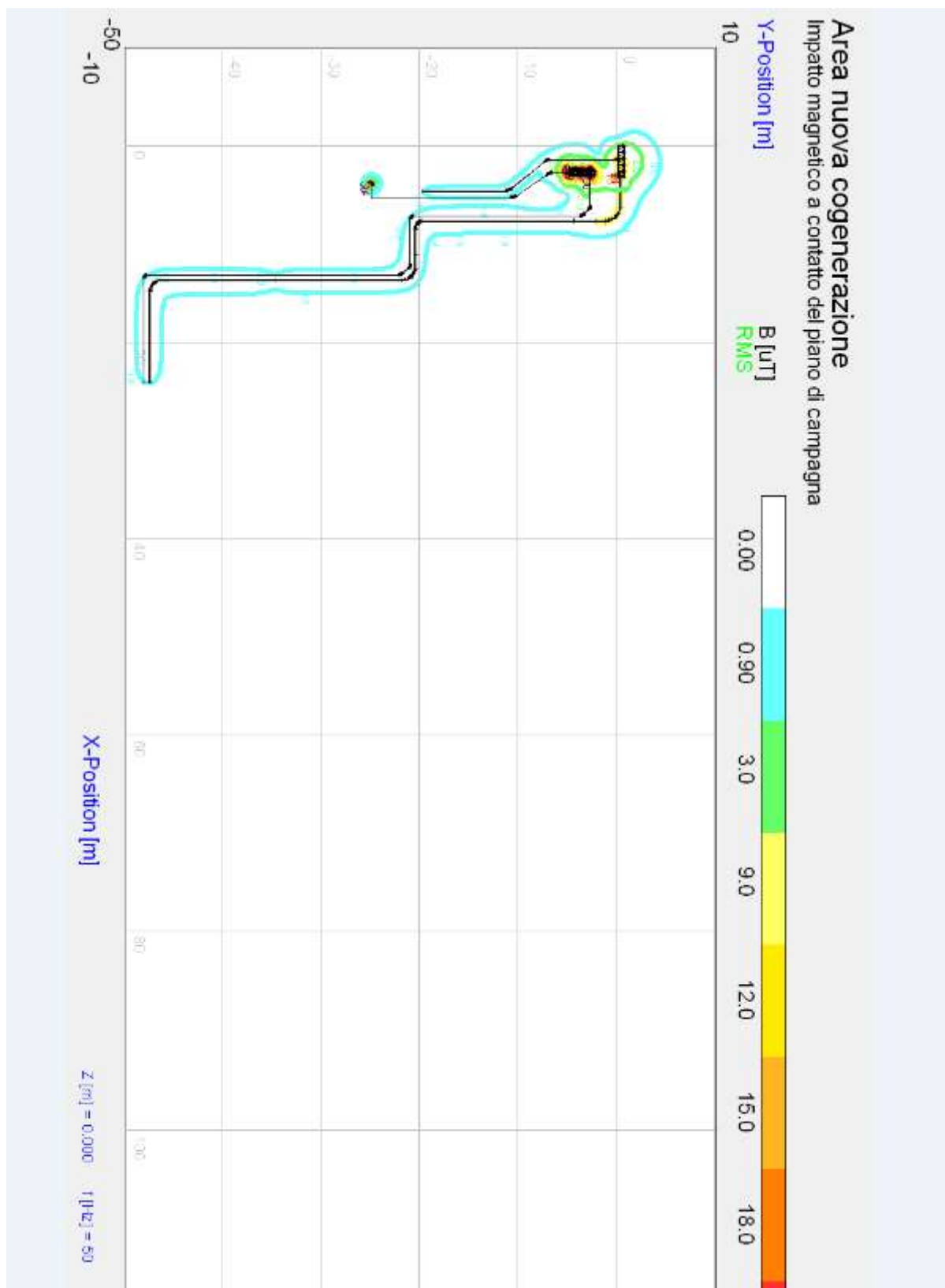


Fig. 8 – Induzione magnetica a livello del suolo

La pianta nella sua visione di insieme e' scarsamente comprensibile ed e' dettagliata di seguito, evidenziando in ogni caso che la linea di isolivello ciano pari a 0,9 uT per

## NUOVO IMPIANTO DI COGENERAZIONE

tutto lo sviluppo interrato del cavo, indica che a livello del suolo non si creano zone a valori di induzione superiori a 3 uT. La vista d'insieme a livello del piano do campagna e' la seguente:

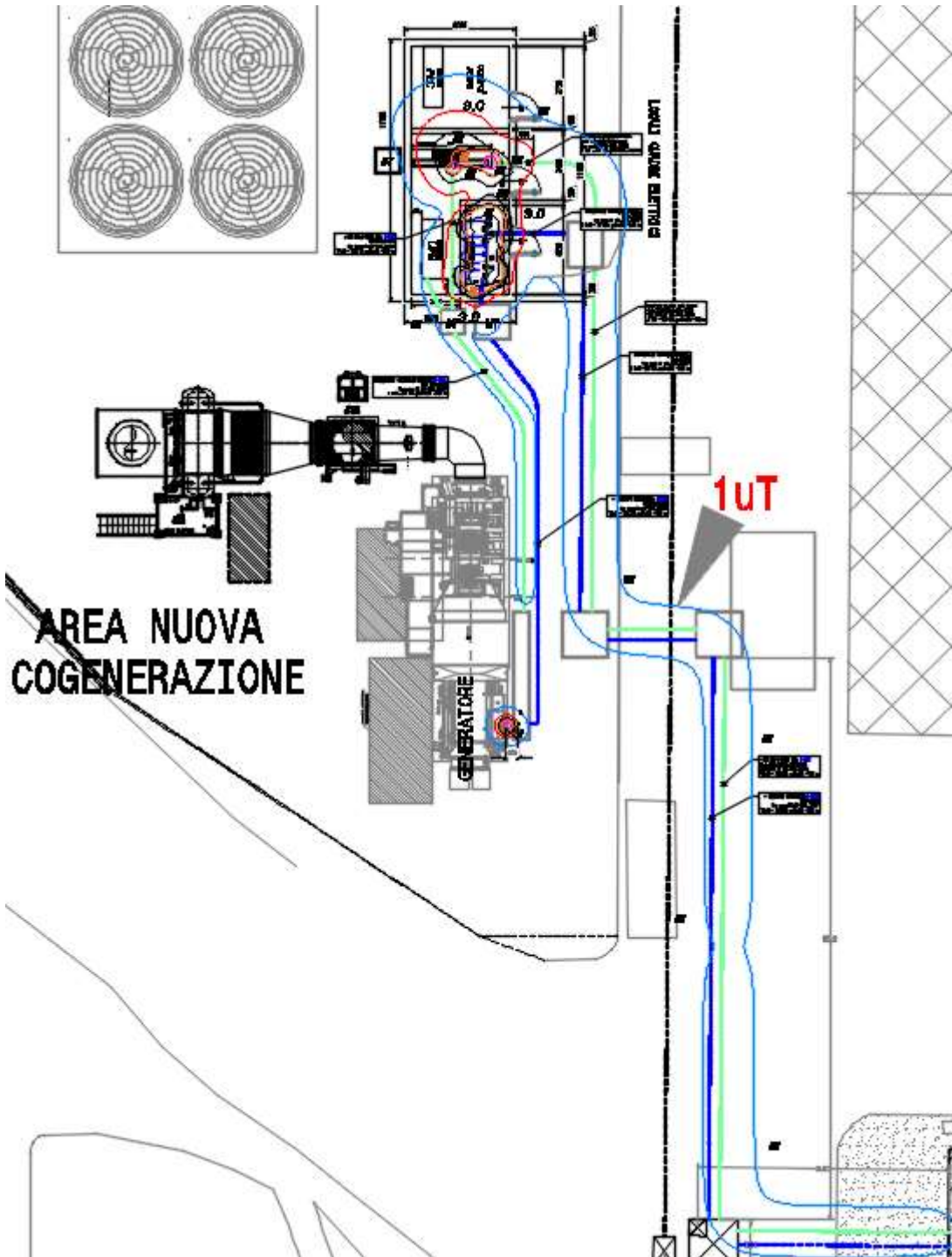


Fig. 9 – Induzione magnetica a quota zero

LA curva di isolivello ciano indica a livello del suolo induzione magnetica inferiore a 1 uT, mentre la curva di solivello rosa indica induzione pari a 3uT.

Analizziamo piu' nel dettaglio la zona generatore e la zona sal quadri.

Nella zona generatore dove il cavo passa da fuoriterra (terminali di uscita generatore) a distribuzione interrata, con riferimento alla figura 4 la situazione e' la seguente:

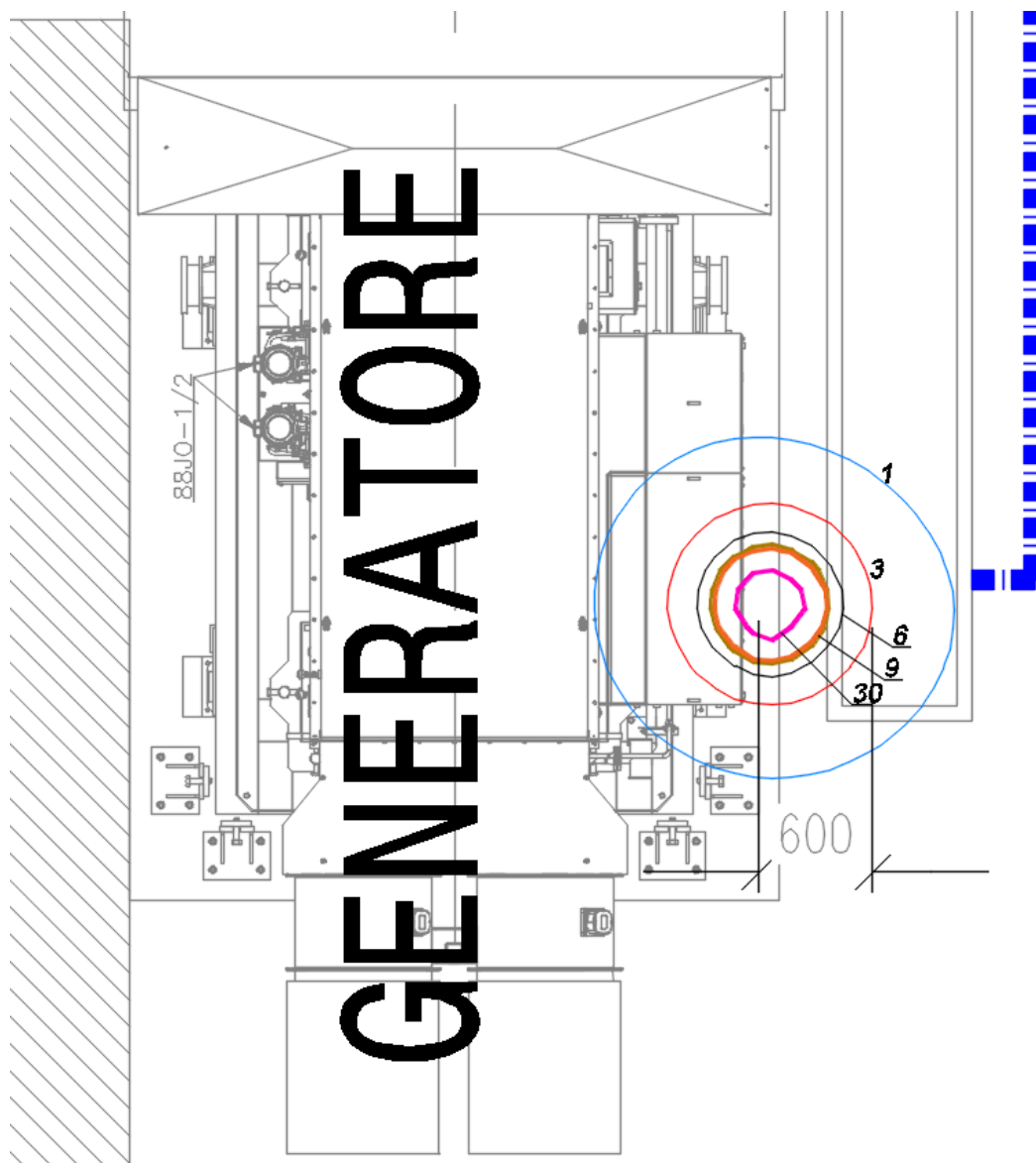


Fig. 10 – Induzione magnetica zona generatore

Si evidenzia che l'induzione si riduce sotto 3 uT a distanza di 600mm dai cavi, e a distanza di circa 900mm si riduce a 1 uT

Si assume pertanto una **DPA pari a 0,8 mt** dai cavi MT in uscita dal generatore. Tale DPA e' garantita dalla recinzione generale dell'impianto posizionato a minimo 3 metri dalle apparecchiature.



## NUOVO IMPIANTO DI COGENERAZIONE

La situazione risulta piu' complessa se si considerano i contributi delle correnti in bassa tensione (a favore della sicurezza) e in media tensione in prossimita' della zona locale quadri elettrici in cui i cavi in ingresso ai locali seguono un percorso interrato piu' superficiale.

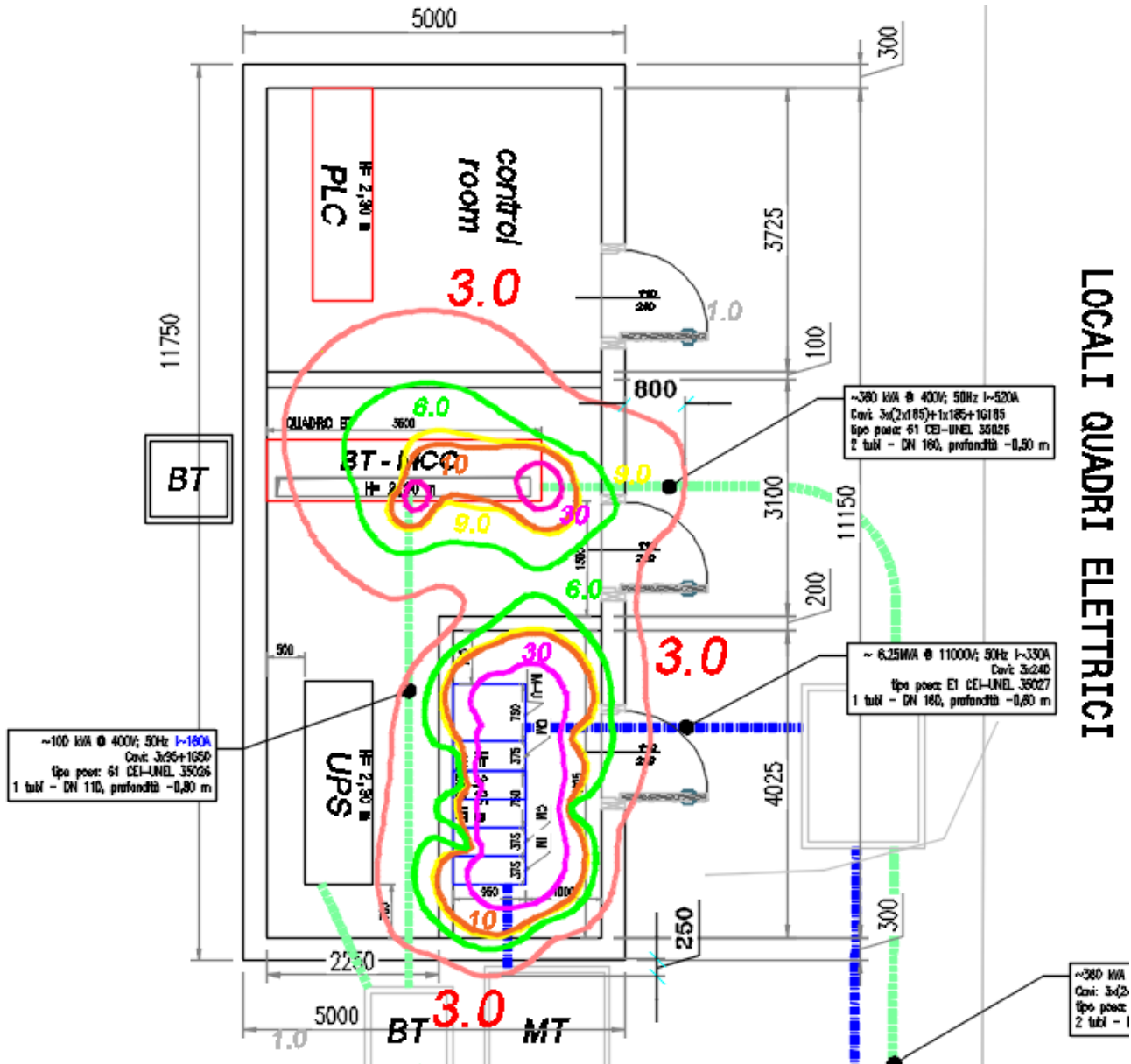


Fig. 11 - Induzione magnetica zona locale tecnico

Si osserva innanzitutto che il contributo all'induzione magnetica complessiva a livello del suolo e' trascurabile (inferiore a 3uT) entro distanze inferiori a 1 metro dalla parete esterna. Considerando i contributi complessivi di correnti BT ed MT Si ricava che nella zona di ingresso al locale il valore di 3 uT si raggiunge a distanza di circa

## NUOVO IMPIANTO DI COGENERAZIONE

800mm dal muro esterno. I valori piu' alti (circa 30uT) si raggiungono in prossimita' dei quadri di distribuzione.

Si assume quindi una **DPA pari a 1,0 mt** dalla parete di accesso nel locale tecnico e **0,5 mt** sul lato corto del fabbricato come riportato nel grafico seguente:

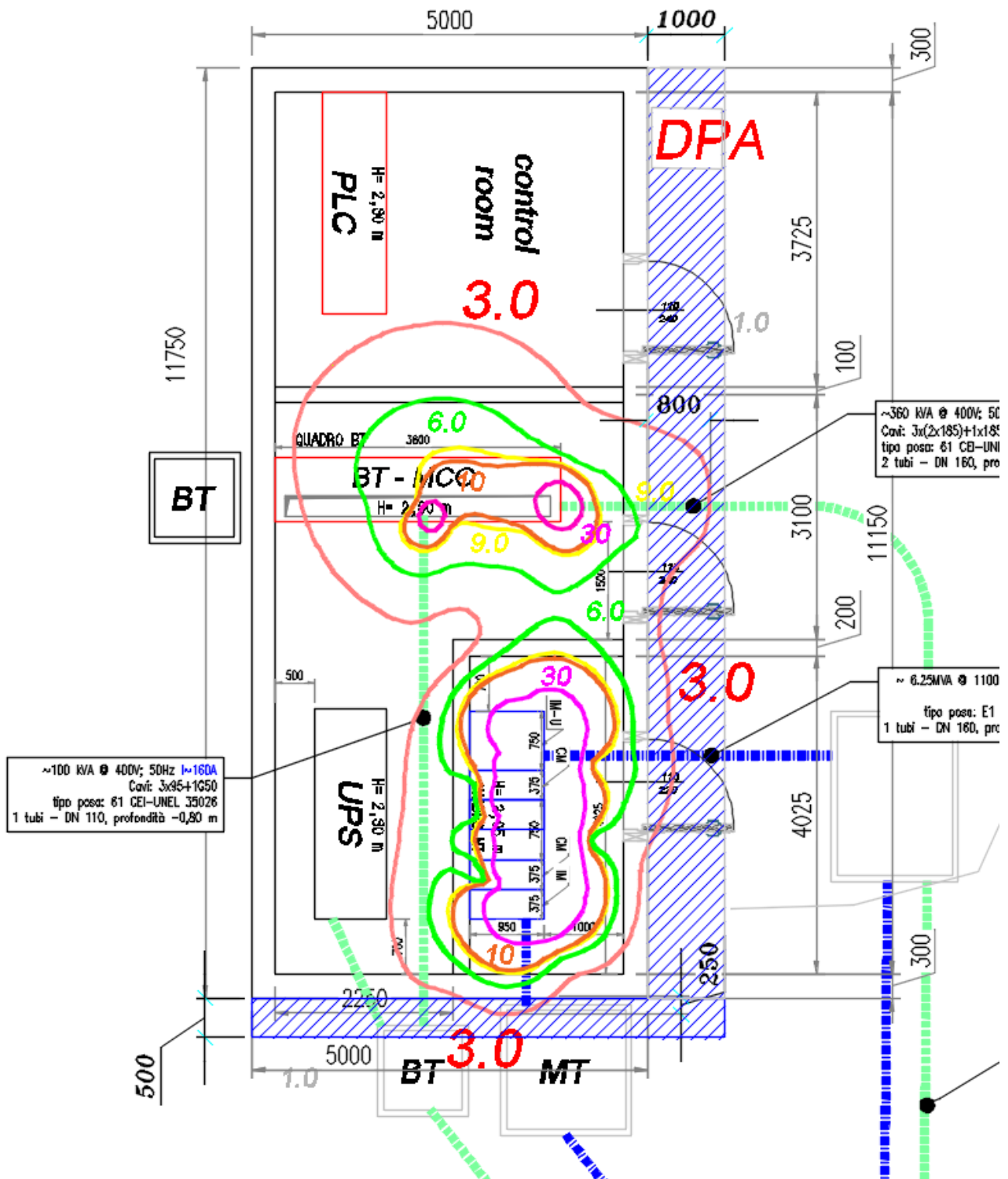


Fig. 13 – DPA a 3 microtesla

La curva di isolivello rosa rappresenta l'induzione pari a 3uT.

La curva di isolivello verde rappresenta l'induzione pari a 6uT.

La curva di isolivello giallo rappresenta l'induzione pari a 9uT.

La curva di isolivello magenta rappresenta l'induzione pari a 30uT.

Essendo tale area, in un area segregata all'interno dello stabilimento, si esclude a priori la possibilità di collocazione di strutture che comportino la permanenza prolungata di persone superiore alle quattro ore giornaliere entro 3 metri all'esterno del locale stesso.

Si precisa inoltre che l'area sarà interamente tele gestita senza presenza di personale in nessun locale della suddetto fabbricato tecnico.

Pertanto, come prescritto dal DPCM 8 luglio 2003 e dal già citato DM del 29 maggio 2008, **entro una distanza pari a 1,0 metri dal fabbricato e distanza di 0,8 metri dal generatore** non dovrà essere consentita l'utilizzazione come aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e nemmeno permanenze superiori a quattro ore da parte della popolazione.

A complemento di quanto appena esposto, è opportuno richiamare che il DPCM 8 luglio 2003, all'art 1, comma 2 recita:

"I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali."

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei rischi relativi ai campi elettromagnetici ai quali saranno esposti i lavoratori addetti nel corso delle operazioni di manutenzione (sia all'interno che all'esterno dei locali tecnici elettrici), il datore di lavoro dovrà effettuare la suddetta valutazione, tenendo conto dei valori di campo riscontrati a seguito di misure di induzione effettuate sul campo ad impianti realizzati e prescrivere le procedure da adottare per la eliminazione dei rischi medesimi all'interno del Piano di Sicurezza.

### 5.3 CAVI MEDIA TENSIONE INTERRATI

Le linee interrato che collegano la presente area all'esterno sono rappresentate da

- 1) Linee in bassa tensione – escluse dall'applicazione della vigente legislazione, ma considerate come contributo all'induzione complessiva, a favore della sicurezza

2) Linee di uscita dal generatore.

Le linee MT e BT (dorsale di alimentazione ausiliari) si prevede che siano realizzati con cavi elicordati.

Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto come già detto presentano una DPA TRASCURABILE, in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque. Essendo quindi l'intero tracciato interrato e realizzato con cavi elicordati, si ritiene che l'obiettivo di qualità sia rispettato già al suolo sull'asse del cavo.

Questo ci permette di affermare che per le modalità di posa considerate in questo progetto i livelli di campo elettromagnetico attesi al suolo, anche in condizioni di carico estreme, siano inferiori al valore dell'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$ .

Alla luce di quanto fin qui esposto è possibile dichiarare che il progetto dell'impianto primario e degli elettrodotti che da esso si diramano rispetta le prescrizioni di:

- Legge 36/2001;
- D.P.C.M. 8.7.2003, *"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"*;
- D.M. 29.05.2008 *"Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"*;

#### **5.4 CAMPO ELETTRICO**

Per quanto concerne il campo elettrico generato dalla linea in bassa e media tensione viene agevolmente schermato dal suolo. La conducibilità elettrica del terreno crea un effetto schermo quasi totale come riportato nella letteratura del settore e da prove sul campo.

Ai sensi della norma CEI EN 50499 come riportato nel paragrafo F.3.1 *"Lista di riscontro per la valutazione della conformità ai campi elettrici"* sono considerati CONFORMI al valore di azione dei campi elettrici non perturbati:

- 1) qualsiasi cablaggio a 230/400 V e i relativi componenti;
- 2) qualsiasi cablaggio con guaine conduttrici a qualsiasi tensione (le guaine conduttrici sono normali sui cavi isolati per l'uso a 1 kV o più);
- 3) al livello del suolo con qualsiasi linea aerea con una tensione nominale non superiore a 250 kV, o sbarra omnibus funzionante fino a 200 kV.

L'impianto in oggetto rispetta i punti (1) e (2) ed e' pertanto conforme alla vigente legislazione.

## 6 CONCLUSIONI

1. Per quanto riguarda i valori di esposizione ai valori di induzione magnetica da parte degli operatori professionalmente esposti (ex D.Lgs 81/2008), non si evidenziano superamenti del valore di azione per la frequenza di rete (500  $\mu$ T).
2. E' stato in ogni caso valutato a favore della sicurezza le aree ed i limiti i cui i valori presunti di induzione magnetica sono al di sotto dei limiti degli obbiettivi di qualità previsti a 3  $\mu$ T.
3. A favore della sicurezza si prevede di utilizzare cavi elicordati di media tensione
4. Alla luce del D. Lgs. 81/2008, sarà prevista la segnalazione, mediante apposita cartellonistica, di aree tecniche non destinate alla permanenza prolungata di persone, in particolar modo per soggetti sensibili (portatori di stimolatore cardiaco, cardiopatici, portatori di protesi elettroniche).

Firenze 10 gennaio 2020

Il tecnico

Ing.Massimo Bartoli

