

COMUNE di FOGGIA

**Progetto definitivo
per la realizzazione
di un Parco Eolico
progetto " Stella "**

COMMITTENTE

DESE S.r.l.

**PROGETTO
DEFINITIVO**

COMUNE: **FOGGIA** LOCALITA': **"Stella - Vulgano"**

Relazione di Impatto elettromagnetico

Scala:

-

Data:

29-02-2024

Rev:

00

Codifica:

DL/FG/PTO/EL_RIE

ELABORATO

RIE

Progettazione:

SISTEMI ENERGETICI
S.p.A.

Via Mario Forcella, 14 - 71121 FOGGIA

Tecnico incaricato:



Ing. Marcello Salvatori

INDICE

PREMESSA	2
NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	6
Cavidotti in MT	6
Cabina di trasformazione MT/BT e quadri MT in cabina di smistamento	7
METODOLOGIA DI CALCOLO	7
Definizioni.....	7
Cenni teorici sul modello utilizzato	8
Metodo di calcolo	8
CAMPI ELETTROMAGNETICI DEI CAVIDOTTI IN MEDIA TENSIONE	9
Simulazione del calcolo	9
Determinazione della distanza di prima approssimazione (Dpa)	13
CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI MACCHINA E DELLE CABINE DI SMISTAMENTO IN MT	13
CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLA CABINA DI CONSEGNA IN MT E DELLO STALLO AT IN STAZIONE ELETTRICA 380/150/36kV.....	17
CONCLUSIONI	17
ALLEGATO "A" – INDIVIDUAZIONE PUNTI DI SIMULAZIONE.....	18

PREMESSA

La società DESE Srl è titolare di un progetto di un impianto eolico ubicato nel territorio comunale di Foggia in località "Stella-Vulgano". La centrale è costituita da 7 aerogeneratori ciascuno di potenza nominale di 4,5 MW, per una potenza complessiva di 31,5 MW.

La presente relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di elettromagnetismo attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003. Si fa presente che la valutazione dell'impatto elettromagnetico dei cavidotti è stata effettuata tenendo in considerazione il valore della portata dei cavi al limite termico. Tale considerazione consente di calcolare, a favore della sicurezza, il valore dell'induzione elettromagnetica in base alla portata di corrente massima che i cavi interrati sono in grado di trasportare e non in base alla corrente nominale degli aerogeneratori.

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio degli impianti eolici, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Essi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μ T).

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati. Gli impianti eolici, essendo costituiti fondamentalmente da elementi per la produzione ed il trasporto di energia elettrica, sono interessati dalla presenza di campi elettromagnetici.

Secondo quanto ampiamente documentato nella letteratura sull'argomento, la presenza di campi elettromagnetici che possono indurre effetti nocivi sull'uomo può risultare significativa nel caso di linee elettriche aeree, soprattutto in alta ed altissima tensione. Per tali linee, infatti, sono spesso prese in considerazione soluzioni alternative di tipo interrato, proprio al fine di ridurre gli effetti elettromagnetici. Le caratteristiche costruttive delle centrali eoliche fanno sì che i livelli di elettromagnetismo risultanti si posizionino ben al di sotto di quelli che sono i limiti di legge; infatti, tali centrali utilizzano in maggior parte la media tensione per il collegamento alla rete elettrica esistente e i cavidotti di collegamento, spesso, sono realizzati attraverso linee interrate.

In tutti i casi, le soluzioni tecnologiche adottate consentono di guardare con assoluta tranquillità agli effetti sulla salute dovuti ai campi elettromagnetici riconducibili alla realizzazione degli impianti eolici.

NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- Legge Regionale 25/08 "Norme in materia di autorizzazione alla costruzione ed esercizio di linee ed impianti elettrici con tensione non superiore a 150kV";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" - APAT
- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- 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 I";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche";
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE;
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore;
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore;

INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- Effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;

- Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

E' importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (in tabella 1 vengono riportate le definizioni inserite nella legge quadro).

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica	Intensità del campo elettrico E (V/m)
		B (μ T)	
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10 μ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ T per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il direttore generale per la salvaguardia ambientale vista la legge 22 febbraio 2001, n. 36 e, in particolare, l'art. 4, comma 1, lettera h) che prevede, tra le funzioni dello Stato, la determinazione dei parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti; visto il D.P.C.M. 8 luglio 2003, in base al quale il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare deve approvare la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto, definita dall'APAT, sentite le ARPA; ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio". (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il campo eolico sito in località "Stella-Vulgano" nel comune di Foggia è costituito da 7 aerogeneratori di potenza nominale 4500 kW.

Il generatore produce energia elettrica a bassa tensione (1140 V) che viene trasformata in media tensione (30 kV) attraverso un trasformatore posto all'interno della torre di sostegno. Dal gruppo di aerogeneratori i cavidotti interrati in MT vengono convogliati dapprima verso la relativa cabina di smistamento e in seguito verso la sezione a 36KV della Stazione di Consegna dell'energia prodotta di TERNA SPA ubicata in agro di Lucera (FG) località Palmori.

Le componenti dell'impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettromagnetico sono:

- i cavidotti in MT di trasporto dell'energia;
- le cabine di trasformazione degli aerogeneratori e le cabine di smistamento in MT;
- la stazione elettrica di Consegna.

Cavidotti in MT

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi posati su letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17. I cavi impiegati sono del tipo schermato, in Alluminio di sezione 95, 240, 300 e 400mmq. L'isolamento sarà costituito da una miscela elastomerica reticolata di propilene corrispondente alle norme CEI 20-13. I cavi saranno provvisti di strati semiconduttori interni ed esterni all'isolante. I cavidotti saranno interrati con modalità M per cavi di categoria 2, ad una profondità minima di 1,2 metro. La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro sull'isolante	Diametro esterno nominale	Portata in suolo a 20°C
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x95	11,4	26,5	35	255
3x1x240	18,2	31,5	42	426
3x1x300	20,8	34,7	45	480
3x1x400	23,8	37,9	48	549

Cabina di trasformazione MT/BT e quadri MT in cabina di smistamento

Le cabine di trasformazione sono ubicate all'interno degli aerogeneratori ed hanno il compito di trasformare l'energia elettrica prodotta dal generatore, posto nella navicella, dalla tensione di ingresso pari a 1140 V (bassa tensione), alla tensione di 30 kV, ossia in media tensione.

Per quanto riguarda la cabina di smistamento, ogni quadro MT può considerarsi punto di arrivo dei rami provenienti dagli aerogeneratori e punto di partenza della linea di vettoriamento che trasferisce l'energia prodotta alla stazione di TERNA.

METODOLOGIA DI CALCOLO

Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto*" si introducono le seguenti definizioni:

- ***Corrente***

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

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

Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

- ***Portata in regime permanente***

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

- ***Fascia di rispetto***

Spazio circostante un 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.

- ***Distanza di prima approssimazione (Dpa)***

Distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a $(NR-1)$, può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3), i la corrente, C_k il conduttore generico, $d\vec{l}$ un suo tratto elementare, r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la sezione normale, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basata sulle caratteristiche, geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o

bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11, che considera lo sviluppo della catenaria in condizioni di freccia massima, l'altezza dei conduttori sul livello del suolo e l'andamento del terreno.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (Dpa).

Nel caso di stazioni primarie (punto 5.2.2 dell'allegato del D.M. 29/05/2008), la Dpa e, quindi, la fascia di rispetto rientrano, generalmente, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso il cui accesso è consentito dal solo personale autorizzato.

CAMPI ELETTROMAGNETICI DEI CAVIDOTTI IN MEDIA TENSIONE

Per la realizzazione dei cavidotti in media tensione sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

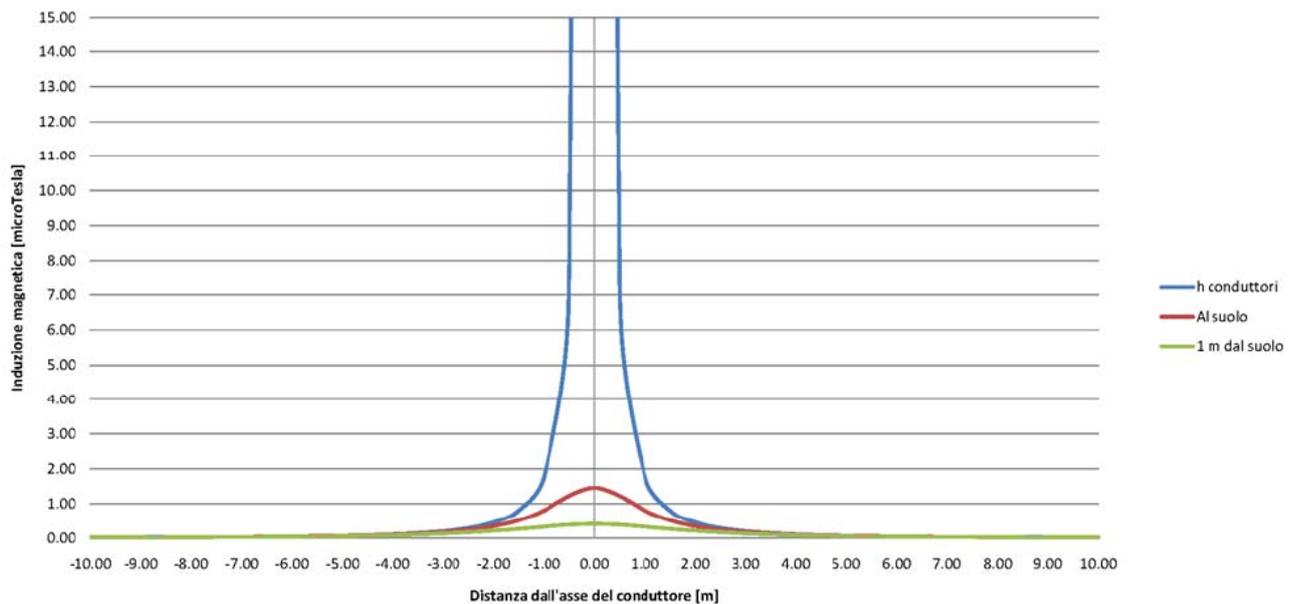
Simulazione del calcolo

Nel caso in questione, lo studio del campo elettromagnetico per i cavidotti in MT è stato effettuato, alla tensione nominale di 30 kV, in 3 punti dell'impianto individuati nell'allegato grafico "A" alla presente relazione, così caratterizzati:

- S1: una terna di conduttori di sezione 95mm^2 che sarà al massimo percorsa da corrente pari a 255A;
- S2: due terne di conduttori di sezione 95mm^2 e 240mm^2 che saranno al massimo percorse dalle seguenti correnti pari rispettivamente a 255A e 426A;
- S3: tre terne di conduttori di sezione 300mm^2 , 300mm^2 e 400mm^2 che saranno al massimo percorse da corrente pari rispettivamente a 480A, 480A e 549°.

Per ognuna delle situazioni sono stati calcolati i valori del campo magnetico al suolo, a 50 cm dal suolo e ad un metro dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano, per ognuna delle situazioni richiamate, l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori:

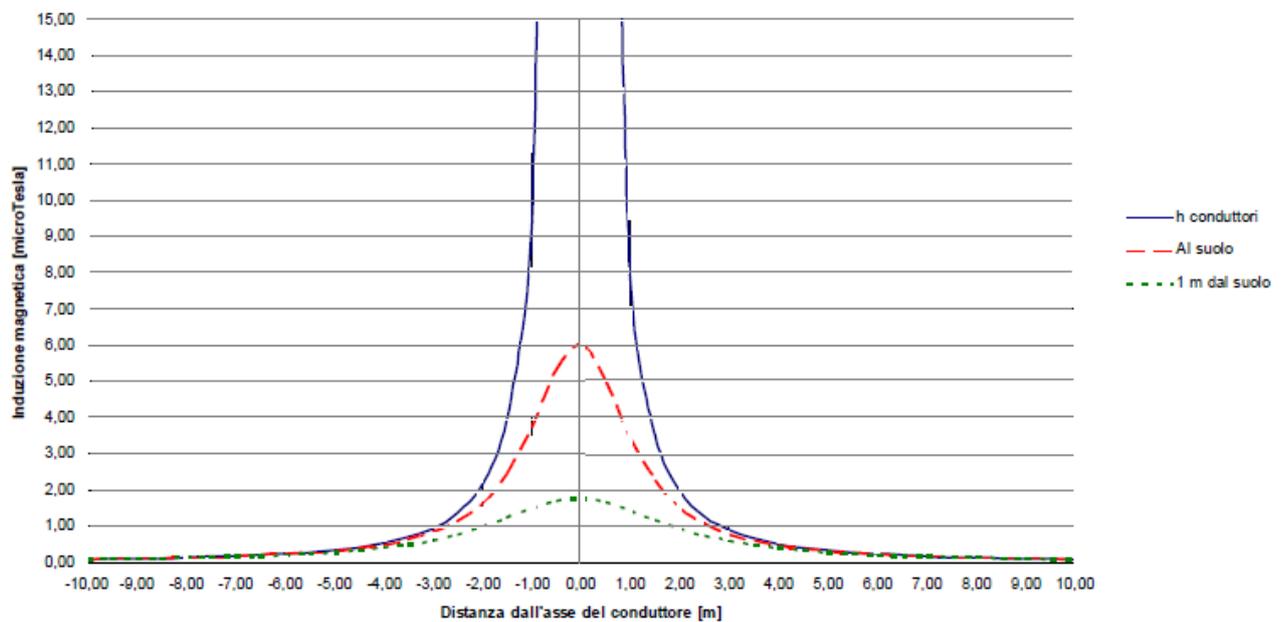
S1 - Cavidotto MT ad una terna di cavi di sezione 95 mm² interrata a 1 m dal piano di campagna



<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10.00	0.02	0.02	0.02
-9.00	0.02	0.02	0.02
-8.00	0.03	0.03	0.03
-7.00	0.04	0.04	0.03
-6.00	0.05	0.05	0.05
-5.00	0.07	0.07	0.06
-4.00	0.11	0.11	0.09
-3.00	0.20	0.18	0.14
-2.00	0.46	0.35	0.22
-1.00	1.81	0.81	0.33
0.00	130.89	1.46	0.41
1.00	1.81	0.81	0.33
2.00	0.46	0.35	0.22
3.00	0.20	0.18	0.14
4.00	0.11	0.11	0.09
5.00	0.07	0.07	0.06
6.00	0.05	0.05	0.05
7.00	0.04	0.04	0.03
8.00	0.03	0.03	0.03
9.00	0.02	0.02	0.02
10.00	0.02	0.02	0.02

Figura 1: S1 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica e tabellare

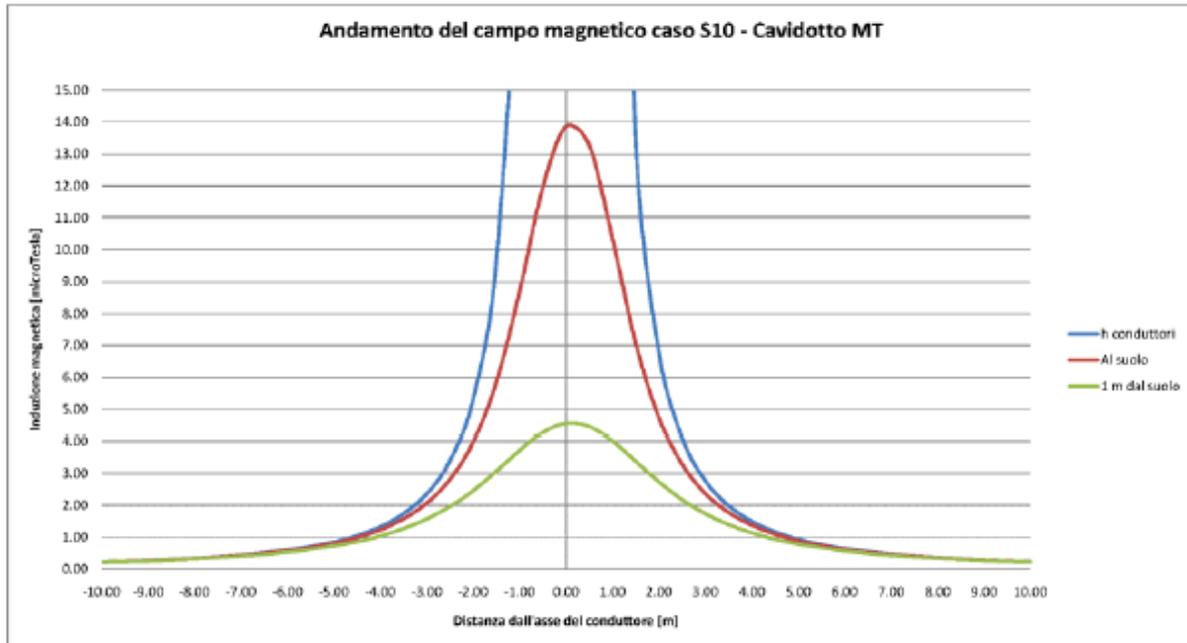
S2 - Cavidotto MT a due terne di sezione 95 mm² e 240 mm² interrate a 1 m dal piano di campagna.



<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,08	0,08	0,08
-9,00	0,10	0,10	0,10
-8,00	0,13	0,13	0,12
-7,00	0,17	0,16	0,15
-6,00	0,23	0,22	0,20
-5,00	0,33	0,31	0,28
-4,00	0,52	0,48	0,40
-3,00	0,93	0,82	0,61
-2,00	2,15	1,60	0,97
-1,00	9,42	3,70	1,48
0,00	65,88	5,98	1,76
1,00	7,97	3,43	1,43
2,00	1,98	1,50	0,93
3,00	0,88	0,77	0,59
4,00	0,50	0,46	0,39
5,00	0,32	0,30	0,27
6,00	0,22	0,22	0,20
7,00	0,16	0,16	0,15
8,00	0,13	0,12	0,12
9,00	0,10	0,10	0,09
10,00	0,08	0,08	0,08

Figura 2: S2 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica e tabellare

S3 - Cavidotto MT ad tre terne di cavi di sezione 300 mm² , 300 mm² e 400 mm² interrate a 1 m dal piano di campagna



SIMULAZIONE S10 - VALORI TABELLATI DI CAMPO MAGNETICO			
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10.00	0.22	0.21	0.21
-9.00	0.27	0.26	0.25
-8.00	0.34	0.33	0.32
-7.00	0.44	0.43	0.40
-6.00	0.60	0.58	0.53
-5.00	0.85	0.81	0.73
-4.00	1.33	1.23	1.04
-3.00	2.35	2.06	1.57
-2.00	5.29	3.96	2.45
-1.00	23.69	8.67	3.71
0.00	117.81	13.86	4.56
1.00	42.81	10.40	4.01
2.00	6.82	4.75	2.74
3.00	2.77	2.37	1.74
4.00	1.50	1.38	1.14
5.00	0.94	0.89	0.79
6.00	0.65	0.62	0.57
7.00	0.47	0.46	0.43
8.00	0.36	0.35	0.33
9.00	0.28	0.28	0.27
10.00	0.23	0.22	0.22

Figura 3: S3 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica e tabellare

Determinazione della distanza di prima approssimazione (Dpa)

Il calcolo della Dpa per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μT . Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

Tabella 3: Distanza di prima approssimazione per i cavidotti in MT del parco eolico

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI[mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA[m]
S1	1	3x1x95	Tripolare	30	1
S2	2	3x1x95 3x1x240	Tripolare	30	2
S3	1	3x1x300 3x1x300 3x1x400	Tripolare	30	3

CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE DI MACCHINA E DELLA CABINA DI SMISTAMENTO IN MT

Riguardo le cabine di trasformazione MT/BT poste all'interno degli aerogeneratori, i valori del campo elettromagnetico sono ovviamente inferiori a quelli registrati nelle sottostazioni AT/MT.

A tal riguardo si fa riferimento alla tabella 4 che riporta i valori di campo elettrico e di campo magnetico misurati ai piedi di una turbina eolica, ossia, in corrispondenza del trasformatore interno al pilone di sostegno. Il campo elettrico è risultato pari a 2 V/m e il campo magnetico pari a 0,6 μT , valori inferiori ai limiti di legge.

Tabella 4

Luogo di misura	Valore di intensità di campo elettrico (V/m)	Valore di intensità di induzione magnetica (10 ⁻⁶ tesla)
Piedi di una turbina eolica	2	0,6
Periferia dell'impianto	0	0,1

Il calcolo del campo elettromagnetico, invece, per le cabine di smistamento MT è stato effettuato sulle sbarre a 30 kV dei quadri in media tensione. I parametri geometrici utilizzati per il calcolo risultano i seguenti:

- altezza delle sbarre: 1.1 m;
- distanza tra le sbarre: 0.3 m;

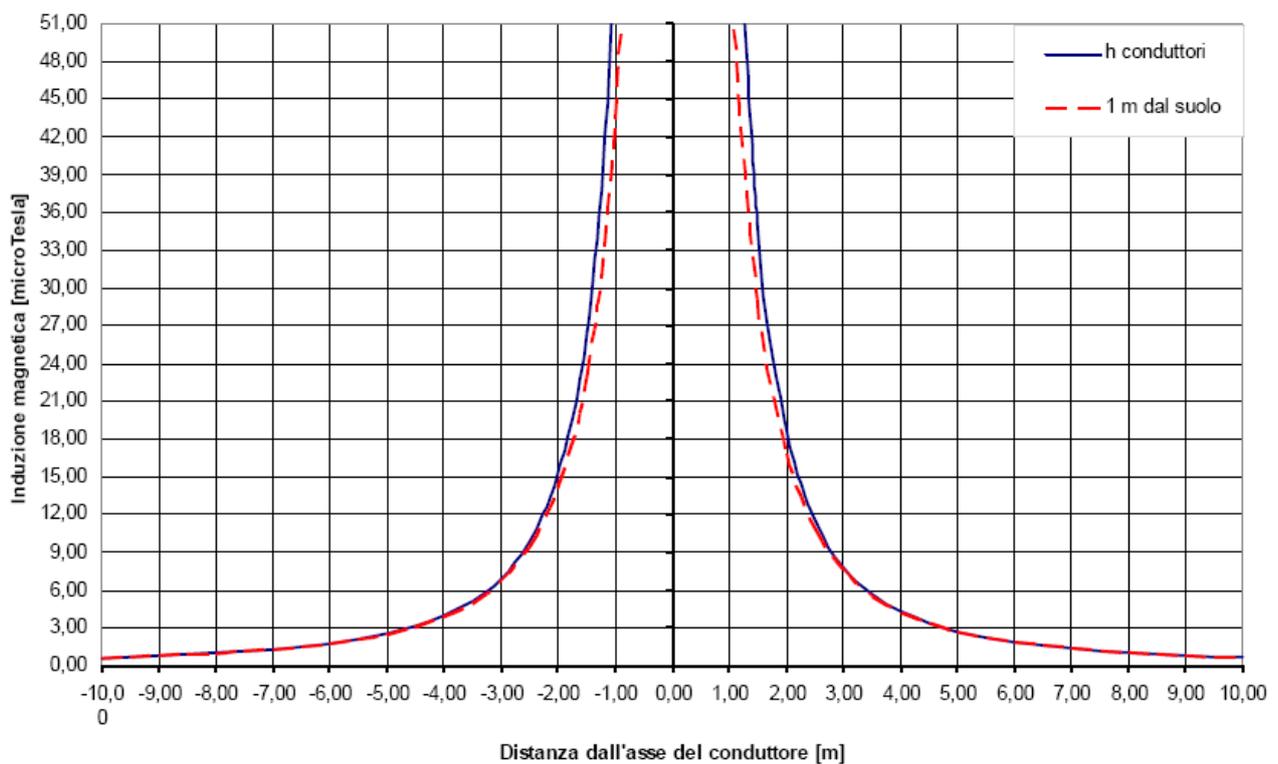
I parametri elettrici riportati nel software risultano, invece, i seguenti:

- valore efficace della corrente delle sbarre: 630 A;
- valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V;

A favore della sicurezza, i valori di corrente utilizzati nella simulazione di calcolo sono quelli relativi alle correnti termiche nominali delle sbarre a 30 kV.

I valori di campo magnetico sono stati calcolati ad altezza conduttori, più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse delle sbarre e su di un asse ortogonale alle stesse.

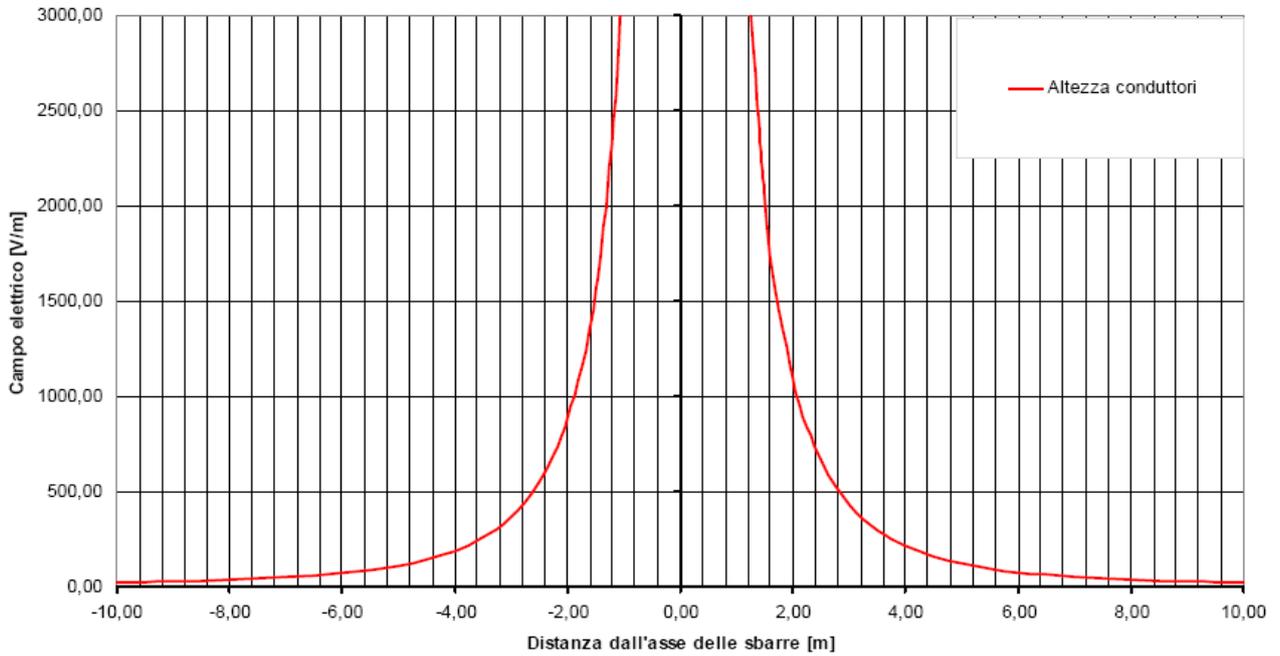
Andamento del campo magnetico - Sbarre MT quadri di raccolta



	Valutazione Fascia di rispetto	Valutazione obiettivo di qualità
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,64	0,64
-9,00	0,79	0,79
-8,00	1,00	0,99
-7,00	1,30	1,29
-6,00	1,76	1,75
-5,00	2,53	2,49
-4,00	3,92	3,84
-3,00	6,88	6,63
-2,00	15,17	13,99
-1,00	58,56	43,39
0,00	1122,83	149,26
1,00	91,01	58,24
2,00	18,62	16,87
3,00	7,87	7,55
4,00	4,33	4,23
5,00	2,74	2,70
6,00	1,89	1,87
7,00	1,38	1,37
8,00	1,05	1,04
9,00	0,83	0,82
10,00	0,67	0,67

Figura 4: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica e tabellare - Sbarre MT dei quadri di raccolta nelle cabine di smistamento

Andamento del campo elettrico - CABINA DI SMISTAMENTO MT



Distanza dall'asse [m]	Valori di campo elettrico
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	65017,20
0,50	4998,50
1,00	1101,80
1,50	430,10
2,00	210,80
2,50	119,40
3,00	74,80
3,50	50,60
4,00	36,20
4,50	27,10
5,00	21,00
5,50	65017,20
6,00	5072,50
6,50	1101,80
7,00	430,10
7,50	210,80
8,00	119,40
8,50	74,80
9,00	50,60
9,50	36,20
10,00	27,10

Figura 5: Andamento del campo elettrico - Sbarre MT dei quadri di raccolta nelle cabine di smistamento

Come si evince dalla simulazione del calcolo (fig.4) i valori di campo magnetico ad altezza conduttori restano al di sotto dei 3 μT ad una distanza di circa 5 m dal muro perimetrale della cabina. Tale valore di induzione magnetica è indicato nel DPCM 08/07/2003 come obiettivo di qualità previsto per le aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno.

Per quanto riguarda il campo elettrico (fig. 5), l'intensità risulta massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Considerando il campo elettrico calcolato ad altezza conduttori si ottengono valori di campo elettrico inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 50 cm dai conduttori stessi.

CAMPI ELETTROMAGNETICI STAZIONE DI CONSEGNA DI TERNA 380/150/36 kV

Per il calcolo del campo elettromagnetico della Stazione di Consegna dell'energia prodotta dal parco eolico di proprietà di TERNA 380/150/36kV si rimanda alla relazione di impatto elettromagnetico specifica allegata al PTO.

CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica (cavidotti, cabine elettriche e stazione elettrica) la summenzionata Dpa. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti si può desumere quanto segue:

– per i cavidotti in media tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto; si fa presente che la posa dei cavidotti è prevista in luoghi che non sono adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia ecc., correndo per la gran parte del loro percorso lungo la rete viaria o ai margini delle strade di impianto;

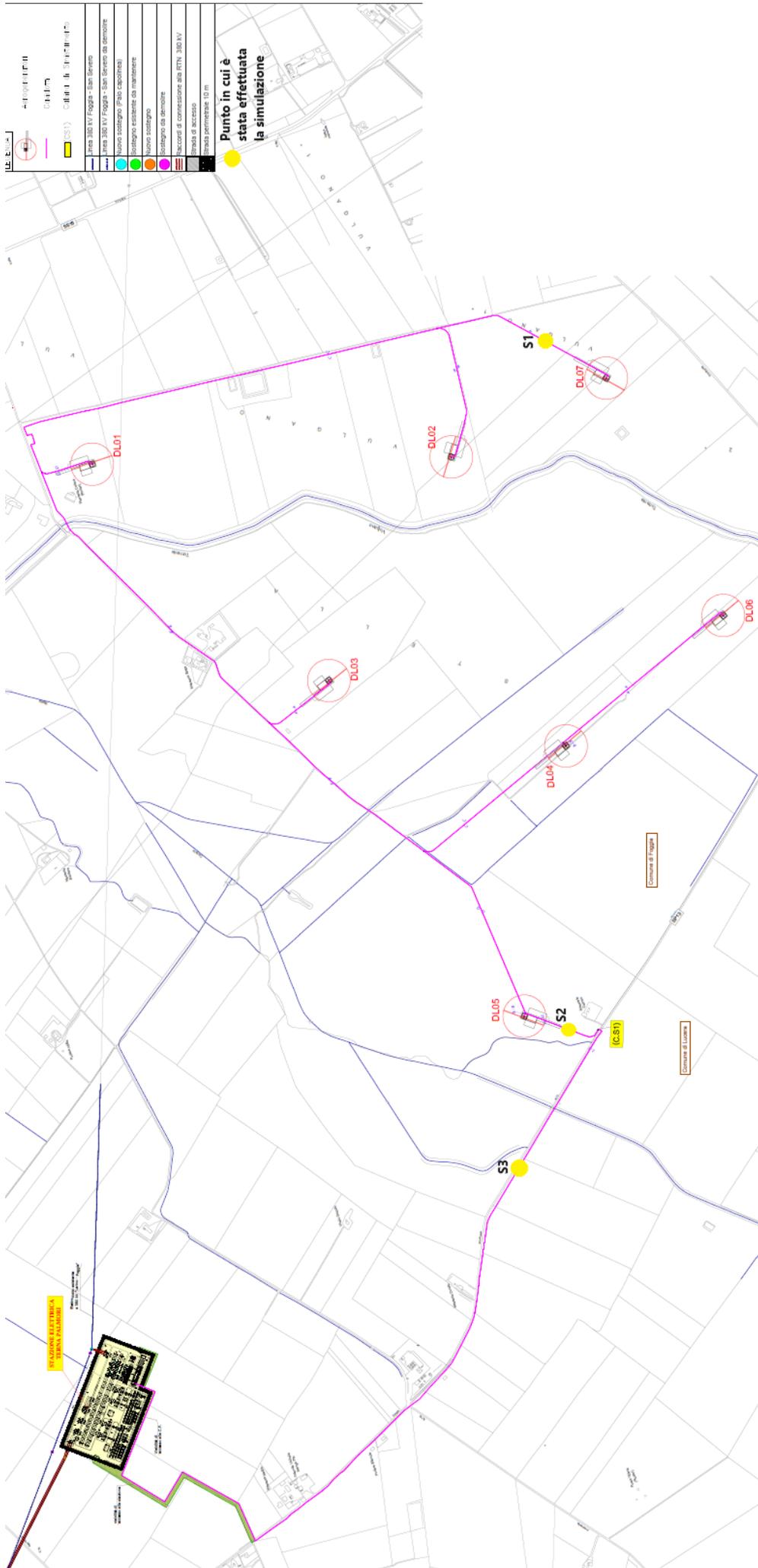
– per le cabina di smistamento, la distanza di prima approssimazione è stata valutata in 5 m dal muro perimetrale della cabina;

I valori di campo elettrico risultano rispettare i valori imposti dalla norma (< 5000 V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno delle cabine MT ed all'interno della stazione elettrica il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative al parco eolico della società CARAPELLE 1 SRL non costituisce pericolo per la salute pubblica.

Foggia, 28/02/2024

Ing. Marcello Salvatori



ALLEGATO GRAFICO "A"