



COMUNE DI ROCCHETTA SANT'ANTONIO

COMUNE DI CANDELA

PROVINCIA DI FOGGIA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione sull'impatto elettromagnetico

COD. ID.				
Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	4.2.6.2	07 / 2020	-

Nome file	
-----------	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	LUGLIO 2020	PRIMA EMISSIONE	RM	FS	FS

COMMITTENTE:



SINERGIA EWR1 SRL

Centro direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09486531214

Sinergia EWR1 S.r.l.

Centro Direzionale
Is. G1, Sc. C, int. 58
80143 Napoli
p.iva 09486531214

PROGETTAZIONE:

ING. FULVIO SCIA

Centro Direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
email: ing.scia@gmail.com





	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

INDICE

1.1. INTRODUZIONE.....	3
1.2. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
1.3. TERMINI E DEFINIZIONI	5
2.1. AEREOGENERATORE	6
2.2. VALUTAZIONE DELL'INTENSITA' DEL CAMPO ELETTRICO DEI CAVIDOTTI.....	6
2.3. VALUTAZIONE DELL'INTENSITA' DI INDUZIONE MAGNETICA DEI CAVIDOTTI	7
2.4. SOTTOSTAZIONE MT/AT	14
2.5. CAVIDOTTO AT	15

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

1. RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

1.1. INTRODUZIONE

Il parco eolico in progetto si estende nel territorio dei Comuni di Rocchetta Sant'Antonio e Candela in provincia di Foggia. Esso è costituito da 19 aerogeneratori SG6.0-170 aventi potenza nominale di 6 MW (WTG 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14) e di 6,2 MW (WTG 15, 16, 17, 18, 19) per un valore complessivo di potenza installata uguale a 115MW. Il parco eolico è ubicato nell'area dei comuni sopraindicati e prevederà la connessione alla rete mediante cavidotto in media tensione (MT) interrato.

Nello specifico, i cavidotti confluiranno nella Stazione di Trasformazione 30/150kV di nuova realizzazione, condivisa con altri produttori, - in prossimità della stazione RTN TERNA sita nel comune di Deliceto (FG). La nuova stazione di trasformazione, anche di seguito denominata Stazione Utente, verrà collegata in cavo AT interrato al futuro ampliamento dell'esistente sistema di sbarre presente nella stazione di trasformazione Terna.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere l'impatto elettromagnetico derivante dalla realizzazione dell'impianto in oggetto. Lo studio ha riguardato l'impatto del campo elettrico e magnetico prodotto sia da sorgenti lineari che puntuali. In un contesto di Valutazione di Impatto Ambientale per la realizzazione di un Parco Eolico risulta necessario determinare gli effetti elettromagnetici indotti dai sistemi in cavo utilizzati per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori che si intendono installare. 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. Tali centrali, infatti, utilizzano nella maggioranza dei casi la media tensione come livello di tensione per la distribuzione e linee interrate per le interconnessioni. Per quanto riguarda la centrale eolica in oggetto, come si vedrà nel seguito, le soluzioni tecnologiche adottate consentono di guardare con assoluta tranquillità agli effetti sulla salute derivanti dalla loro realizzazione.

1.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa nazionale che regola la materia è rappresentata da:

- Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici - Legge n° 36 del 22/02/2001.

Tale legge regola l'intera materia dei campi elettromagnetici coprendo tutta la gamma delle frequenze: da 0 Hz a 300 GHz, e si pone in particolare l'obiettivo principale di definire le competenze di stato, regioni, province e comuni. Per questo motivo essa risulta anche molto articolata. Limitandosi comunque a considerare i punti più strettamente connessi con le prescrizioni sui campi elettromagnetici a frequenza industriale (50 Hz), il carattere "innovativo" della nuova legge risiede sostanzialmente nel fatto che, accanto al concetto di limite di esposizione, inteso come (citazione testuale della definizione riportata nella legge suddetta) "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

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori....”, vengono introdotti quelli di “valore di attenzione” ed “obiettivo di qualità”.

Ad essi è attribuito il seguente significato (sempre dalle definizioni riportate nella legge): “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. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.

Obiettivi di qualità sono: 1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8; 2) 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.” La legge non indica direttamente i valori numerici delle quantità suddette ma stabilisce che essi dovranno essere fissati da appositi decreti.

- Definizione 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 del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003

Con tale decreto sono stati fissati i limiti di esposizione al campo magnetici ed elettrico a frequenza industriale, in attuazione delle disposizioni previste dalla Legge Quadro 36/2001.

I limiti imposti dal decreto sono riportati di seguito (artt. 3 e 4):

- “Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.”
 - “A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”
 - “Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, e fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”
- ENV 50166-1/CEI 111-2 Esposizione umana a campi elettromagnetici – Bassa frequenza (0-10 KHz);
 - 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”;
 - D.M. del 29 Maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

• Decreto Ministeriale 23/04/1992 Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno che oltre a fissare limiti di esposizione ambientali ai campi elettrico e magnetico emessi alle frequenze di rete da linee elettriche ad alta tensione ed impianti di trasformazione, fissa anche le distanze minime degli edifici.

Oltre alle norme legislative esistono dei rapporti informativi dell'Istituto superiore della sanità (ISTISAN 95/29 ed ISTISAN 96/28) che approfondiscono la problematica e mirano alla determinazione del principio cautelativo. Questi rapporti definiscono la cosiddetta Soglia di Attenzione Epidemiologia (SAE) per l'induzione magnetica, pari a 0.2 μT (microTesla): un valore limite, cautelativo, al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie. Soprattutto per gli impianti eolici, che si pongono come sorgenti di energia pulita ed ecologica, la SAE diventa un parametro con il quale è utile confrontarsi per attestare una volta di più l'attenzione all'ambiente ed alla salute.

1.3. TERMINI E DEFINIZIONI

Campo elettrico E: grandezza vettoriale che, in ogni punto di una data regione, rappresenta il rapporto fra la Forza F esercitata su una carica di prova q ed il valore della carica medesima ($E=F/q$).

Campo magnetico H: quantità vettoriale pari al rapporto tra l'induzione magnetica B e la permeabilità magnetica μ che caratterizza le proprietà magnetiche del mezzo ($H=B/\mu$). L'unità di misura del campo magnetico nel sistema Internazionale è (A/m). Nel caso di campi magnetici in aria $1 \text{ A/m} = 1,26 \mu\text{T}$ (T =Tesla, unità di misura della densità di flusso magnetico).

Campo vicino: zona del campo magnetico che si estende dalla superficie della sorgente fino a distanze dalla sorgente di circa $\lambda/2\pi \approx 3\lambda$, ovvero la zona nella quale il campo magnetico ed elettrico possono essere considerati indipendenti.

Campo lontano: Regione di spazio che si estende da una distanza dalla sorgente pari al maggiore tra λ (lunghezza d'onda) o $2D/\lambda$ (D rappresenta la dimensione caratteristica della sorgente).

Fascia di rispetto dell'obiettivo di qualità: lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o cavo interrato, che comprende tutti i punti caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità di 3 μT , di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003.

2. CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI EMISSIVE

Le componenti di un impianto eolico sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettromagnetico sono le cabine degli aerogeneratori, i cavidotti in MT di trasporto dell'energia e la sottostazione di consegna dell'energia alla Rete Elettrica Nazionale. Le sorgenti emissive di campo elettromagnetico presenti operano alla frequenza di 50 Hz e sono di tipo lineare e puntuale. Prima di procedere ad una caratterizzazione quantitativa occorre effettuare alcune considerazioni preliminari come di seguito illustrato. Il campo elettrico è principalmente influenzato dal livello di tensione. Le principali sorgenti di campo elettrico sono costituite dalle linee elettriche, ovvero, gli altri componenti del sistema di produzione e distribuzione (aerogeneratori, cabine, quadri) costituiscono delle sorgenti trascurabili per tre ordini di motivi:

- distanza dalle apparecchiature e relative connessioni;
- disposizione circuitale delle apparecchiature che favorisce l'effetto di cancellazione tipico dei sistemi trifase;

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

- presenza di recinzioni, pareti, schermi, che comportano, da un lato, un considerevole effetto schermante, e dall'altro impediscono la permanenza di persone, annullando di fatto l'esposizione.

In prossimità di stazioni, cabine e quadri la presenza di campi elettrici di intensità significativa è riconducibile solo ed esclusivamente alle linee elettriche afferenti a tali impianti. Il campo Magnetico dipende principalmente dalle correnti circolanti nelle linee e pertanto fortemente influenzato dalle condizioni di carico delle stesse. Per quanto riguarda le linee MT/BT l'induzione magnetica al suolo a causa delle minori correnti transitanti è ovviamente più bassa di quelle AT. L'interramento delle linee comporta:

- riduzione dell'impatto visivo;
- riduzione della larghezza della fascia interessata da alterazioni del campo rispetto a linee aeree (maggiore attenuazione trasversale del campo rispetto alle linee aeree);
- eliminazione del capo elettrico per effetto della schermatura dovuta al terreno.

Di contro, si può osservare, a parità di altre condizioni un incremento del campo in corrispondenza dell'asse della linea rispetto a quello associato a linee elettriche aeree. Sulla base delle precedenti considerazioni preliminari, le sorgenti emissive di radiazioni elettromagnetiche presenti nell'impianto sono:

- aerogeneratore;
- cavidotto interrato;
- cabine di trasformazione e quadri elettrici.

2.1. AEREOGENERATORE

Gli aerogeneratori producono energia elettrica in bassa tensione. L'energia prodotta all'interno della navicella dal generatore elettrico convertita dal converter AC/DC-DC/AC e viene successivamente elevata dal trasformatore 400-690V/30KV presente nella navicella. Successivamente viene trasferita mediante cavi a base torre per poi essere distribuita mediante i cavi MT che compongono il cavidotto di interconnessione. Il valore dell'induzione magnetica (μT) generata dal trasformatore MT/BT decresce rapidamente con la distanza dal trasformatore stesso, ed a 5 m ha un valore inferiore al limite di $3 \mu\text{T}$ previsto dagli obiettivi di qualità. Inoltre, il trasformatore come già esposto precedentemente è installato nella navicella posta ad un'altezza dal suolo minima di 100mt. Si sottolinea inoltre che all'interno della navicella potrà accedere solo personale specializzato ed autorizzato e che il tempo di permanenza è limitato alle operazioni periodiche di manutenzione.

2.2. VALUTAZIONE DELL'INTENSITA' DEL CAMPO ELETTRICO DEI CAVIDOTTI

Percorso in media tensione (cavidotto interrato): è noto che, a causa dell'effetto schermante del terreno sovrastante, i cavi interrati producono nell'ambiente circostante campi elettrici praticamente nulli. L'intensità del campo elettrico generato dai circuiti elettrici dell'impianto, si attesterà su valori trascurabili per l'ambiente, ampiamente al disotto (di almeno 2 ordini di grandezza) del limite di legge, pari a 5 kV/m, fissato dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003.

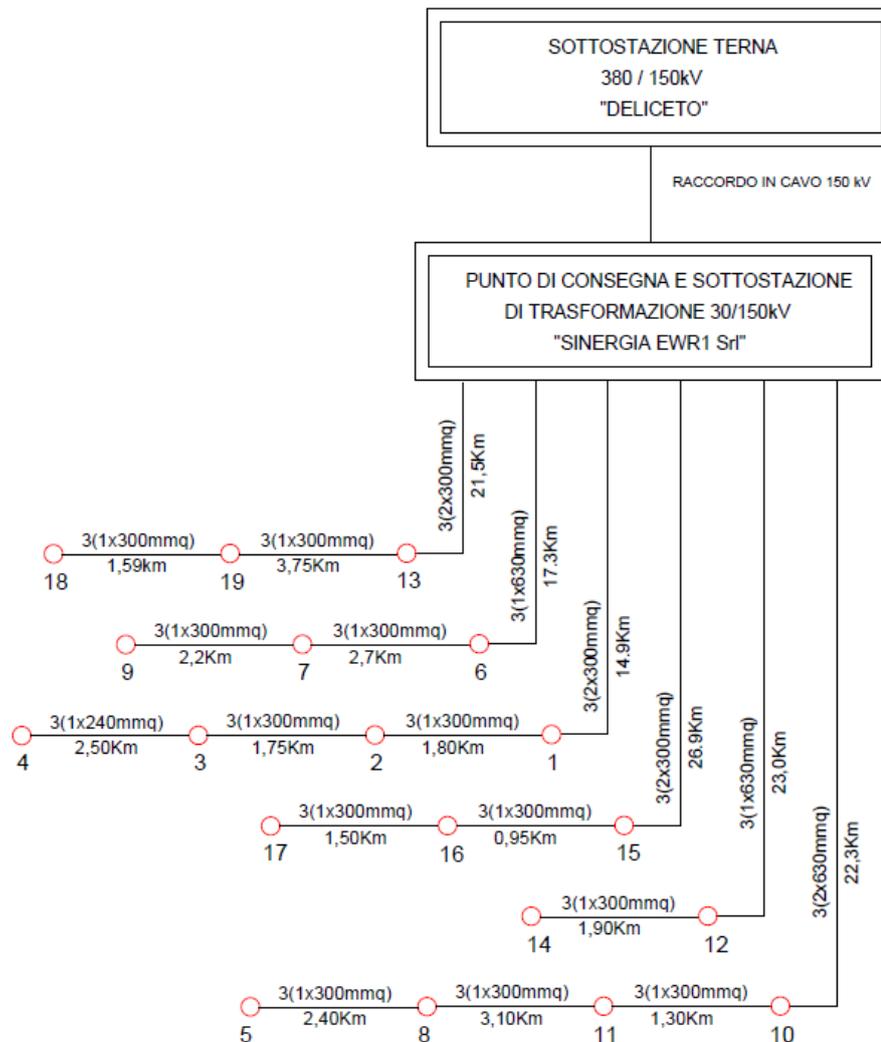
	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

2.3. VALUTAZIONE DELL'INTENSITA' DI INDUZIONE MAGNETICA DEI CAVIDOTTI

L'energia prodotta dagli aerogeneratori in BT viene trasformata in MT (30 kV) e trasportata fino ad un punto di consegna in Sottostazione, dove, prima di essere immessa sulla Rete di Trasmissione, la tensione viene ulteriormente innalzata a 150 kV (AT). Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi interrati e schermati posati su di un letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità delle norme CEI 11-17. In corrispondenza di attraversamenti stradali, lo strato di sabbia viene chiuso in superficie, a contatto con il manto stradale, da un getto di cls magro di altezza 30 cm. Oltre ai suddetti cavi MT viene posizionata nello scavo un'ulteriore linea di segnale entro apposita tubazione in PVC ed una corda di rame nuda. L'opera è poi completata con una lastra di protezione in PVC ed un nastro segnalatore. La sezione dei cavi di ciascun tronco di linea viene calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione delle turbine. Per la posa del cavidotto a servizio del parco eolico in oggetto, si prevede una sezione di scavo avente altezza di circa 120 cm e larghezza variabile tra i 40 ed i 120 cm in base al numero di terne di cavi da alloggiare. Un vantaggio di realizzare le linee MT interrate risiede nella possibilità di abbattere la componente elettrica del campo per l'effetto schermante naturale del terreno. Le linee MT, inoltre, saranno realizzate mediante posa a distanza ridotta e con l'impiego di terne di cavi unipolare con conduttori in alluminio isolati con polietilene reticolato sotto guaina di polietilene. Verrà inoltre effettuata la trasposizione delle fasi per bilanciare gli effetti di auto e muta induttanza al fine di abbattere il campo prodotto. L'induzione magnetica di ogni cavidotto risulta pertanto significativa solo in prossimità dell'asse dei cavi e decresce rapidamente a pochi metri di distanza. Nella seguente immagine si riporta lo schema unifilare di collegamento alla rete elettrica di distribuzione elettrica dell'impianto eolico.



SCHEMA A BLOCCHI COLLEGAMENTI ELETTRICI MT 30 kV



Schema Unifilare WTG

Per quel che riguarda l'impatto determinato dal campo magnetico, che rappresenta in pratica l'unico elemento potenzialmente impattante, sono stati considerati i tratti di cavidotto più significativi, data la conformazione del parco eolico e la potenza delle turbine installate, nello specifico:

- Tratto del cavidotto 2 cavi 3X1X300 mmq percorso da una corrente massima complessiva pari a 465A (tra la WTG04, WTG03, WTG02 e WTG01, con la SSE) che rappresenta una delle sezioni critiche all'interno del parco eolico;
- Tratto del cavidotto 2 cavi 3X1X630 mmq percorso da una corrente massima complessiva pari a 465A (tra la WTG05, WTG08, WTG11 e WTG10, con la SSE) che rappresenta una delle sezioni critiche all'interno del parco eolico;

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

- C. Tratto del cavidotto 1 cavo 3X1X630 mmq percorso da una corrente massima pari a 350A (tra la WTG09, WTG07 e WTG06 con la SSE) che rappresenta una delle sezioni critiche all'interno del parco eolico;

Caso A

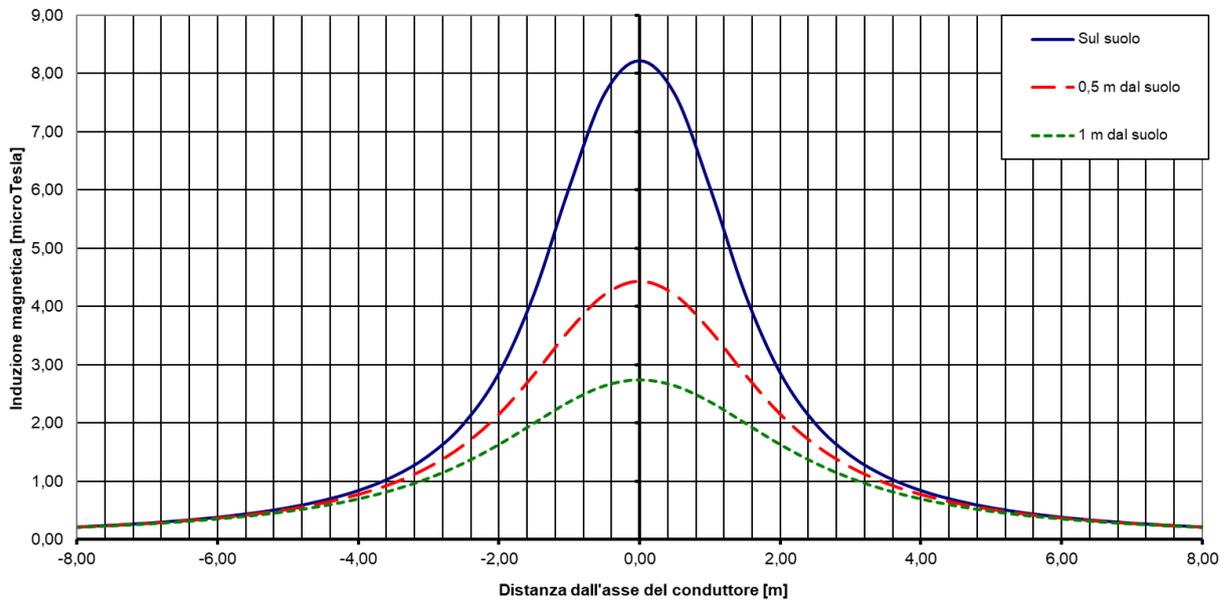
Tratto del cavidotto 2 cavi 3X1X300 mmq percorso da una corrente massima complessiva pari a 465A (tra la WTG04, WTG03, WTG02 e WTG01, con la SSE). Il calcolo è stato effettuato ipotizzando le peggiori condizioni di carico possibile. Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h (altezza da piano campagna), le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo. Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa	-1.20 m
Distanza cavo 1 dall'asse Y	-0.25 m
Distanza cavo2 dall'asse Y	0.25m
Sezione cavo	2x3x1x300 mmq
Corrente circolante	465 A

Dai risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate sono stati costruiti dei grafici finalizzati alla determinazione della fascia di rispetto (centrata sull'asse del cavidotto) corrispondente ad un determinato livello di campo magnetico indotto dal cavidotto. Le simulazioni sono state effettuate considerando il valore di campo magnetico generato dai singoli tratti di cavidotto effettuando le simulazioni a vari livelli dal suolo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.



**Inquinamento Elettromagnetico cavidotto 2 cavi 3x1x300 mmq
corrente massima complessiva In=465A**



Dal precedente grafico si evince che il valore dell'intensità del campo elettromagnetico nei tratti di cavidotto considerati (registrato a livello campagna) è sempre inferiore al limite di $10 \mu\text{T}$ che rappresenta il limite di attenzione, l'obiettivo di qualità stabilito da D.P.C.M 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti" è fissato a $3 \mu\text{T}$. Il valore massimo misurato ad altezza 1.0 mt dal piano campagna risulta essere $2,8 \mu\text{T}$ molto al disotto rispetto al limite di attenzione. Inoltre è possibile notare come il valore massimo registrato sull'asse del cavidotto decada rapidamente in pochi metri, infatti a circa due metri dall'asse ha un valore dimezzato ed a 2.5 metri si registra sempre un valore inferiore a $2 \mu\text{T}$. Le condizioni di calcolo assunte sono state ricercate per valutare lo stato ambientale nella casistica peggiore, ponendosi quindi nelle massime condizioni conservative possibili. Anche il valore di carico della linea assunto per il calcolo è stato scelto per verificare condizioni massime conservative. I risultati ottenuti hanno evidenziato come i valori di campo magnetico associati ai vari tratti di cavidotto considerati siano largamente compatibili con tutti i limiti fissati dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. I risultati del presente studio riportano un valore inferiore a $0,3 \mu\text{T}$ a circa 10m dall'asse della terna interrata più vicina nel caso stia trasportando la potenza massima corrispondente. Tale risultato dimostra che, in relazione alla reale situazione analizzata, il più vicino ricettore sensibile risulta a distanza largamente superiore rispetto a quella alla quale è calcolato un valore di campo magnetico di $0,3 \mu\text{T}$, valore di gran lunga inferiore sia al "limite di esposizione", sia al "valore di attenzione" che all'"obiettivo di qualità" rispettivamente fissati dalla normativa a $100 \mu\text{T}$, $10 \mu\text{T}$ e $3 \mu\text{T}$. Considerando che per i cavidotti del parco eolico si registra un valore inferiore a $0,3 \mu\text{T}$ già ad una distanza di 10 metri dall'asse della linea interrata, avendo inoltre considerato il caso più conservativo, ovvero che il cavidotto trasporti con continuità la massima potenza prodotta dalle macchine, si può concludere che è garantita la piena compatibilità con i limiti imposti dalla legge e che pertanto si valuta nullo o trascurabile l'impatto del campo elettromagnetico generato dai cavidotti in progetto.

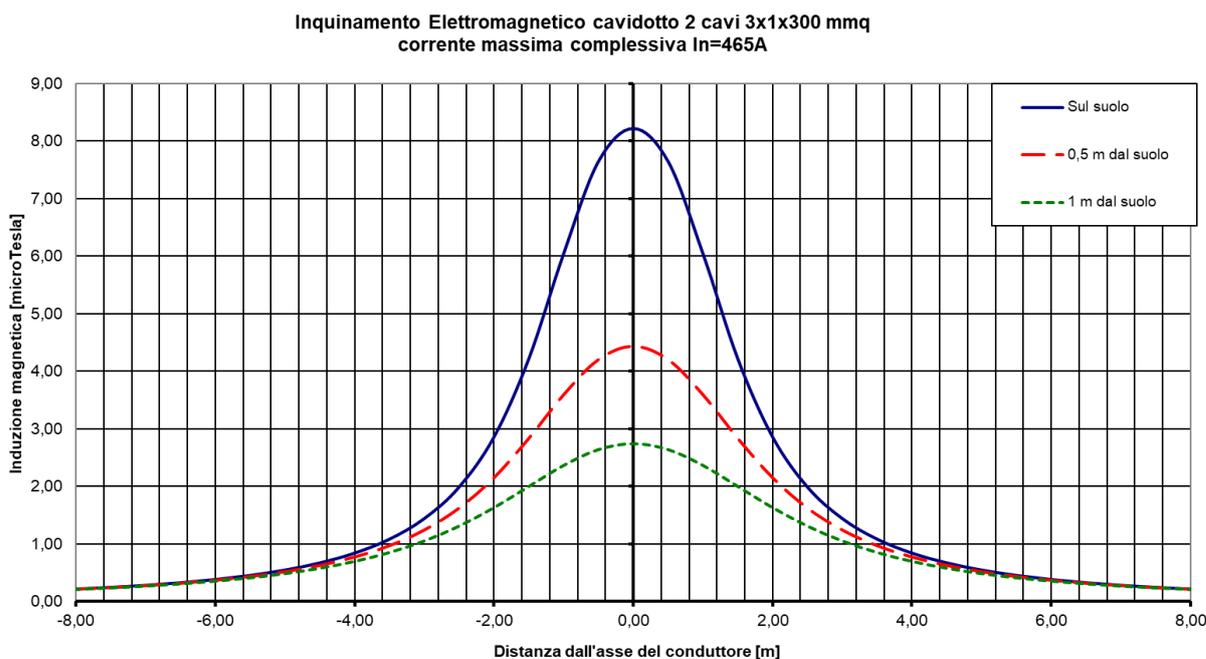


Caso B

Tratto del cavidotto 2 cavi 3X1X630 mmq percorso da una corrente massima complessiva pari a 465A (tra la WTG05, WTG08, WTG11 e WTG10, con la SSE). Il calcolo è stato effettuato ipotizzando le peggiori condizioni di carico possibile. Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h (altezza da piano campagna), le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo. Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa	-1.20 m
Distanza cavo 1 dall'asse Y	-0.25 m
Distanza cavo2 dall'asse Y	0.25m
Sezione cavo	2x3x1x630 mmq
Corrente circolante	465 A

Dai risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate sono stati costruiti dei grafici finalizzati alla determinazione della fascia di rispetto (centrata sull'asse del cavidotto) corrispondente ad un determinato livello di campo magnetico indotto dal cavidotto. Le simulazioni sono state effettuate considerando il valore di campo magnetico generato dai singoli tratti di cavidotto effettuando le simulazioni a vari livelli dal suolo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.



	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

Dal precedente grafico si evince che il valore dell'intensità del campo elettromagnetico nei tratti di cavidotto considerati (registrato a livello campagna) è sempre inferiore al limite di 10 μT che rappresenta il limite di attenzione, l'obiettivo di qualità stabilito da D.P.C.M 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti" è fissato a 3 μT . Il valore massimo misurato ad altezza 1.0 mt dal piano campagna risulta essere 2,8 μT molto al disotto rispetto al limite di attenzione. Inoltre è possibile notare come il valore massimo registrato sull'asse del cavidotto decada rapidamente in pochi metri, infatti a circa due metri dall'asse ha un valore dimezzato ed a 2.5 metri si registra sempre un valore inferiore a 2 μT . Le condizioni di calcolo assunte sono state ricercate per valutare lo stato ambientale nella casistica peggiore, ponendosi quindi nelle massime condizioni conservative possibili. Anche il valore di carico della linea assunto per il calcolo è stato scelto per verificare condizioni massime conservative. I risultati ottenuti hanno evidenziato come i valori di campo magnetico associati ai vari tratti di cavidotto considerati siano largamente compatibili con tutti i limiti fissati dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. I risultati del presente studio riportano un valore inferiore a 0,3 μT a circa 10m dall'asse della terna interrata più vicina nel caso stia trasportando la potenza massima corrispondente. Tale risultato dimostra che, in relazione alla reale situazione analizzata, il più vicino ricettore sensibile risulta a distanza largamente superiore rispetto a quella alla quale è calcolato un valore di campo magnetico di 0,3 μT , valore di gran lunga inferiore sia al "limite di esposizione", sia al "valore di attenzione" che all'obiettivo di qualità" rispettivamente fissati dalla normativa a 100 μT , 10 μT e 3 μT . Considerando che per i cavidotti del parco eolico si registra un valore inferiore a 0,3 μT già ad una distanza di 10 metri dall'asse della linea interrata, avendo inoltre considerato il caso più conservativo, ovvero che il cavidotto trasporti con continuità la massima potenza prodotta dalle macchine, si può concludere che è garantita la piena compatibilità con i limiti imposti dalla legge e che pertanto si valuta nullo o trascurabile l'impatto del campo elettromagnetico generato dai cavidotti in progetto.

Caso C

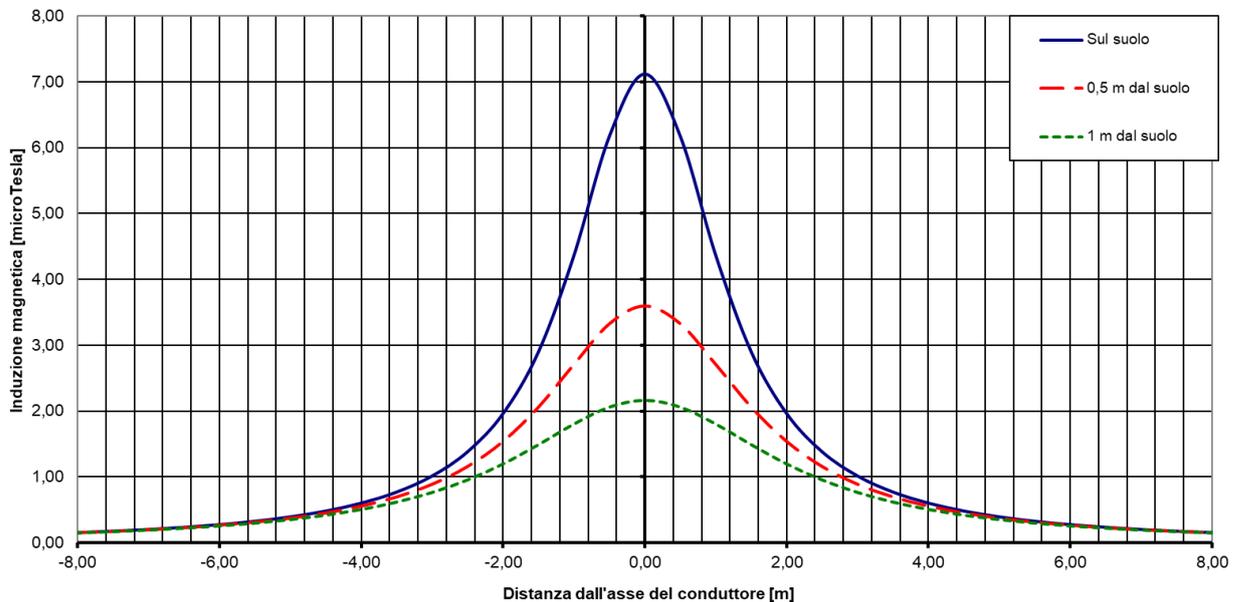
Tratto del cavidotto 1 cavo 3X1X630 mmq percorso da una corrente massima pari a 350A (tra la WTG09, WTG07 e WTG06 con la SSE). Il calcolo è stato effettuato ipotizzando le peggiori condizioni di carico possibile. Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h (altezza da piano campagna), le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo. Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa	-1.20 m
Distanza cavo 1 dall'asse Y	-0.25 0 +0.25
Sezione cavo	3x1x630 mmq
Corrente circolante	350 A

Dai risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate sono stati costruiti dei grafici finalizzati alla determinazione della fascia di rispetto (centrata sull'asse del cavidotto) corrispondente ad un determinato livello di campo magnetico indotto dal cavidotto. Le simulazioni sono state effettuate considerando il valore di campo magnetico generato dai singoli tratti di cavidotto effettuando le simulazioni a vari livelli dal suolo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.



**Inquinamento Elettromagnetico cavidotto 1 cavo 3x1x630 mmq
corrente massima complessiva In=350A**



Dal precedente grafico si evince che il valore dell'intensità del campo elettromagnetico nei tratti di cavidotto considerati (registrato a livello campagna) è sempre inferiore al limite di 10 μT che rappresenta il limite di attenzione, l'obiettivo di qualità stabilito da D.P.C.M 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti" è fissato a 3 μT . Il valore massimo misurato ad altezza 1.0 mt dal piano campagna risulta essere 2,2 μT molto al disotto rispetto al limite di attenzione. Inoltre, è possibile notare come il valore massimo registrato sull'asse del cavidotto decada rapidamente in pochi metri, infatti a circa due metri dall'asse ha un valore dimezzato ed a 2.5 metri si registra sempre un valore inferiore a 2 μT . Le condizioni di calcolo assunte sono state ricercate per valutare lo stato ambientale nella casistica peggiore, ponendosi quindi nelle massime condizioni conservative possibili. Anche il valore di carico della linea assunto per il calcolo è stato scelto per verificare condizioni massime conservative. I risultati ottenuti hanno evidenziato come i valori di campo magnetico associati ai vari tratti di cavidotto considerati siano largamente compatibili con tutti i limiti fissati dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. I risultati del presente studio riportano un valore inferiore a 0,3 μT a circa 10m dall'asse della trina interrata più vicina nel caso stia trasportando la potenza massima corrispondente. Tale risultato dimostra che, in relazione alla reale situazione analizzata, il più vicino ricettore sensibile risulta a distanza largamente superiore rispetto a quella alla quale è calcolato un valore di campo magnetico di 0,3 μT , valore di gran lunga inferiore sia al "limite di esposizione", sia al "valore di attenzione" che all'"obiettivo di qualità" rispettivamente fissati dalla normativa a 100 μT , 10 μT e 3 μT . Considerando che per i cavidotti del parco eolico si registra un valore inferiore a 0,3 μT già ad una distanza di 10 metri dall'asse della linea interrata, avendo inoltre considerato il caso più conservativo, ovvero che il cavidotto trasporti con continuità la massima potenza prodotta dalle macchine, si può concludere che è garantita la piena compatibilità con i limiti imposti dalla legge e che pertanto si valuta nullo o trascurabile l'impatto del campo elettromagnetico generato dai cavidotti in progetto.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

2.4. SOTTOSTAZIONE MT/AT

L'energia prodotta dagli aerogeneratori del Parco eolico raggiungerà la Sottostazione di Trasformazione ubicata nel comune di Deliceto (FG) in prossimità della esistente SSE elettrica 380/150 KV. La sottostazione, al suo interno, ospiterà un edificio adibito a locali tecnici, i trasformatori, tutte le apparecchiature AT per la protezione dell'impianto e la misura delle tensioni e correnti, nonché tutte le apparecchiature elettriche di protezione e misura dell'impianto MT, le apparecchiature BT per i servizi ausiliari e le relative strutture di tipo monoblocco in cemento armato vibrato per il loro alloggiamento. La Sottostazione Utente è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria pertanto per la determinazione della fascia di rispetto, in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008, la fascia di rispetto, rientra generalmente nei confini dell'aerea recintata di pertinenza dell'impianto. L'impatto elettromagnetico nella SSE è essenzialmente prodotto:

- dall'utilizzo dei trasformatori BT/MT e MT/AT;
- dalla realizzazione delle linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo e le apparecchiature elettromeccaniche;
- dalla linea interrata AT.

Tra le tre sorgenti, l'impatto elettromagnetico generato dalle linee/sbarre AT e di gran lunga quello più significativo e pertanto si procederà al calcolo della fascia di rispetto da questo punto. Le linee/sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza di circa 4,8 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si ha

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2m;
- P_n = Potenza massima dell'impianto in progetto (115 MW);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (150 kV).

Pertanto, si avrà

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)}$$

Il valore di corrente calcolato è **440 A** che inserito nella formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, ci permette di calcolare la distanza R':

$$R' = 0,34 \times \sqrt{2,5 \times 323} = 10,60 \text{ m}$$

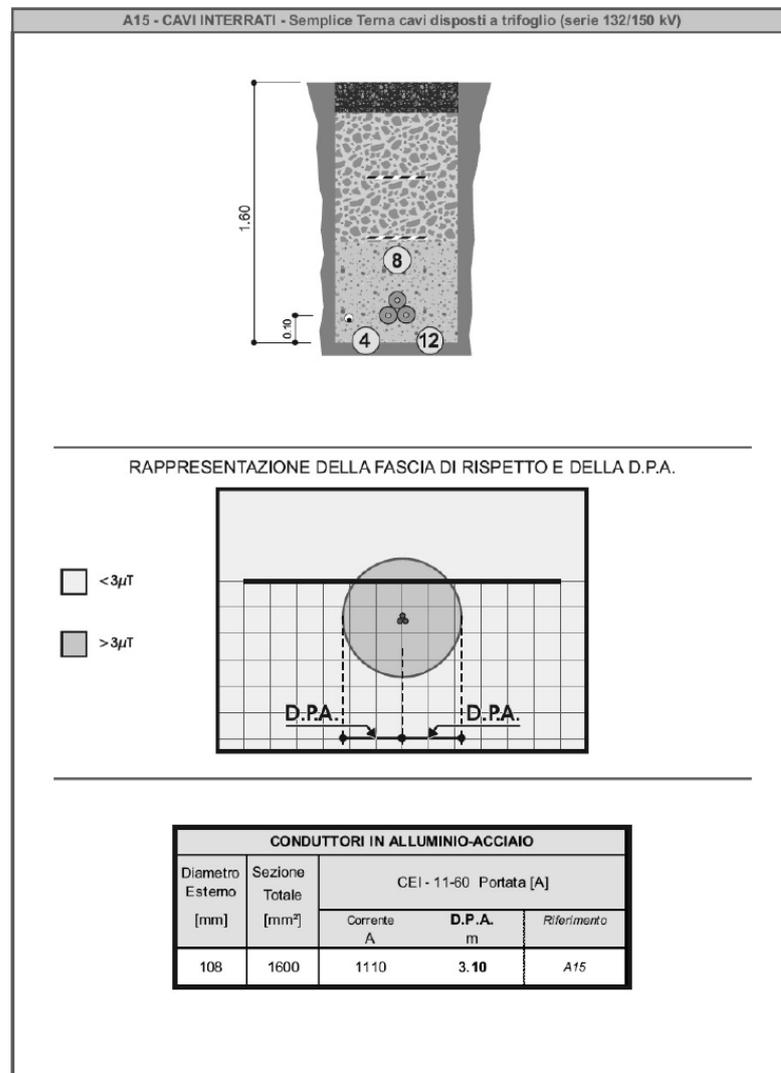
La distanza minima, misurata in pianta, delle linee/sbarre dal perimetro della SSE è di circa 15 m, superiore alla distanza R' = 10,60 m, pertanto, in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008, la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e quindi, la fascia di rispetto, rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto. Si evidenzia che la sottostazione di trasformazione sarà realizzata in un'area agricola, con

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 19 aerogeneratori con potenza nominale complessiva di 115 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Rocchetta Sant'Antonio e Candela (FG)	Luglio 2020
---	---	-------------

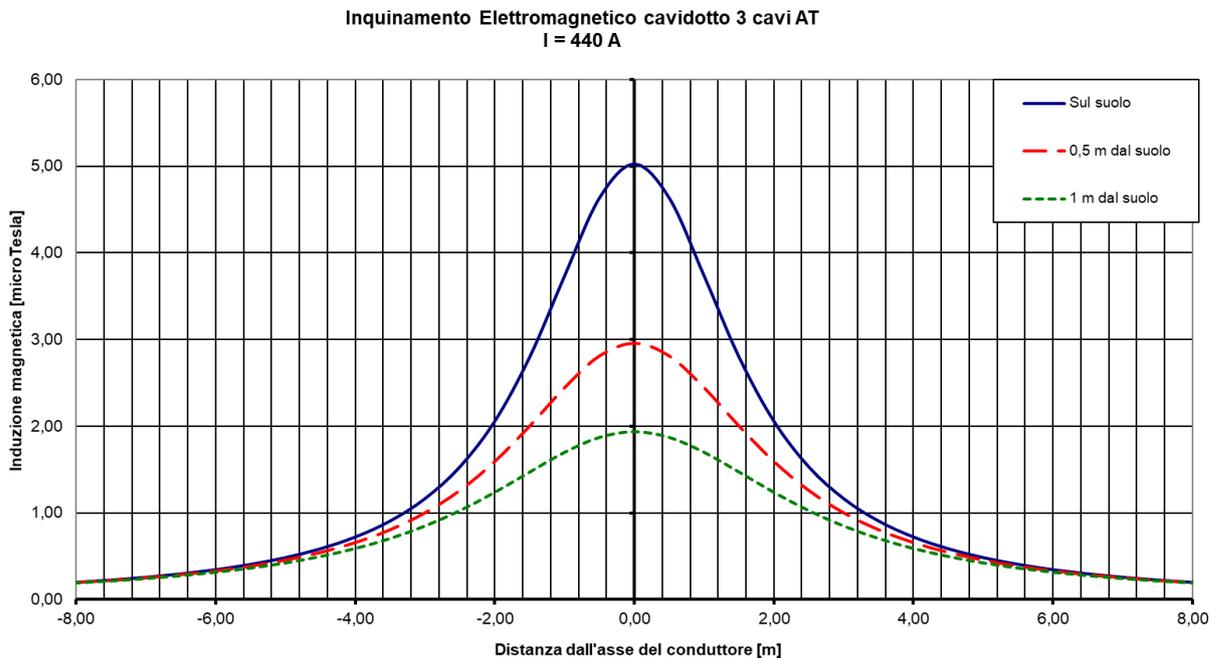
totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 500 m e che all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione, pertanto, si può ritenere trascurabile l'impatto elettromagnetico prodotto dalla realizzazione della SSE sulle persone.

2.5. CAVIDOTTO AT

I cavidotti provenienti dal parco eolico confluiranno nella nuova Stazione di Trasformazione 30/150 kV di nuova realizzazione in prossimità della stazione RTN TERNA nel comune di Deliceto. Nella sottostazione elettrica sarà effettuata la trasformazione da media ad alta tensione, ovvero da 30 kV a 150 kV. La Stazione Utente, verrà collegata in cavo AT interrato al futuro ampliamento dell'esistente sistema di sbarre presente nella SSE RTN TERNA, la connessione avverrà mediante sistema di connessione AT da installare nella stazione Terna. Le distanze di prima approssimazione (DPA) per le linee interrate in AT sono state elaborate e simulate da Enel Distribuzione S.p.A. ed i risultati sono riportati nelle linee Guida per l'applicazione del 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 di Enel Distribuzione. Nello specifico, la rappresentazione della fascia di rispetto e della D.P.A. per cavidotti interrati in AT (132/150 kV) costituiti da semplice terna di cavi disposti a trifoglio e riportata nella scheda A15 che si riporta nella seguente immagine.



Come si evince dall'analisi effettuata da Enel Distribuzione, il campo magnetico generato da una linea AT interrata ad una profondità di 1,6 m e percorsa da una corrente di 1110 A registra in superficie valori inferiori a $3 \mu T$ già ad una distanza inferiore ai 2 m dall'asse del cavidotto. L'analisi del campo magnetico generato dal cavidotto interrato in AT a 150 kV in uscita dalla sottostazione utente del parco eolico con posa dei cavi a semplice terna disposta a trifoglio ad una profondità di 1,60 m e con corrente ad 440 A ha fornito invece i seguenti risultati.



Dal precedente grafico si evince che il valore dell'intensità del campo elettromagnetico del cavidotto AT registrato a livello del suolo raggiunge il valore di picco di circa $5,1 \mu\text{T}$ (valore ampiamente inferiore al limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$) che rientra nel valore limite di $3 \mu\text{T}$ (obiettivo di qualità) ad una distanza inferiore ad un metro dall'asse del cavidotto. Considerando, invece, il grafico del valore dell'intensità del campo elettromagnetico del cavidotto AT registrato ad 1 metro dal piano campagna si evidenzia un valore massimo inferiore all'obiettivo di qualità dei $3 \mu\text{T}$ stabilito da D.P.C.M 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti".

3. CONCLUSIONI

Considerando che:

- il valore dell'intensità del campo elettromagnetico nei tratti di cavidotto MT di progetto (registrato a livello campagna) è sempre inferiore al limite di $3 \mu\text{T}$, obiettivo di qualità stabilito dal D.P.C.M 08.07.2003, ad eccezione dei cavidotti $2 \times 3 \times 1 \times 300 \text{ mmq}$, $2 \times 3 \times 1 \times 630 \text{ mmq}$ e $3 \times 1 \times 630 \text{ mmq}$ per i quali si raggiungono valori di picco di circa $8,2 \mu\text{T}$ e $7,1 \mu\text{T}$ (valori ampiamente inferiori al limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$) e che tale valore rientra nel limite al di sotto di $3 \mu\text{T}$ ad una distanza di circa 100 cm dall'asse del cavidotto;
- il valore dell'intensità del campo elettromagnetico del cavidotto AT registrato a livello del suolo raggiunge il valore di picco di circa $5,1 \mu\text{T}$ (valore ampiamente inferiore al limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$) e rientra nel valore limite al di sotto di $3 \mu\text{T}$ ad una distanza inferiore al metro dall'asse del cavidotto;
- nelle aree interessate dalla realizzazione dei cavidotti non sono presenti ricettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere;

si può concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative al parco eolico è conforme alla normativa vigente.