

0	Marzo 2022	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	MG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO

Volta Gestione Energie

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Oristano
 COMUNI DI MOGORELLA E VILLA SANT'ANTONIO



PROGETTO:

PARCO EOLICO MOGORELLA - SANT'ANTONIO PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

VGest

Volta Gestione Energie S.r.l.

Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)
 Codice Fiscale e Partita IVA 02650940220
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101
 PEC volta-gestioneenergie@legalmail.it

PROGETTISTA:



Hydro Engineering s.s.
 di Damiano e Mariano Galbo
 via Rossotti, 39
 91011 Alcamo (TP) Italy




OGGETTO DELL'ELABORATO:

Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico

N° ELABORATO	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODIFICA COMMITTENTE
MOG-CE-R06	---	1 di 1	A4	

ID ELABORATO: MOG-CE-R06-RELAZIONE TECNICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO_REV00

Questo elaborato è di proprietà di VGest ed è protetto a termini di legge

VGest

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Marzo 2022	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	MG

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.	FONTI DI EMISSIONE	6
3.1.	ELETTRODOTTO MT	6
3.2.	SOTTOSTAZIONE UTENTE DI TRASFORMAZIONE 30/220 KV	7
3.3.	GENERATORI EOLICI	7
4.	VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO.....	9
4.1.	VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO	9
4.2.	VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO.....	10
5.	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI	11
5.1.	CAVI POSA ELICORDATA SEZIONE 120-300 MM ²	12
5.2.	CAVI POSA A TRIFOGLIO SEZIONE 630 MM ² E 1600 MM ²	13
5.2.1.	CASO A – 1 TERNA DI CAVI	14
5.2.2.	CASO B – 2 TERNE DI CAVI.....	18
5.2.3.	CASO C – 1 TERNA DI CAVI AT – POSA 1,50 M.....	23
5.2.4.	RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI	28
6.	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SSE DI UTENTE	29
7.	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI	30
8.	CONCLUSIONI	31
9.	ALLEGATO A: DPA ELETTRODOTTI MT	33
10.	ALLEGATO B: DPA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE.....	35

1. PREMESSA

Volta Gestione Energie, con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, operante nel settore dello sviluppo di nuovi progetti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, nasce da un’operazione di scissione di Volta Green Energy e si avvale dell’esperienza più che decennale di professionisti, con oltre 500 MW di parchi eolici e 100 MW di impianti fotovoltaici sviluppati, costruiti e gestiti.

Volta Green Energy ha recentemente completato i lavori di una delle prime installazioni eoliche in Italia che, da aprile 2020 con successo, è operativa su base merchant, e cioè si sostiene economicamente senza il ricorso a produzione incentivata.

Si tratta di due ampliamenti di un parco eolico già in esercizio da 48 MW con una potenza aggiuntiva di 18 MW. Tutte le altre attività di realizzazione dei due impianti (ingegneria, permitting, lavori civili ed elettrici, acquisti, consulenze, ecc), le attività di collaudo, nonché gestione, coordinamento e armonizzazione tra tutti i diversi soggetti coinvolti e le rispettive attività, sono state svolte da Volta Green Energy, le cui professionalità avevano portato avanti anche lo sviluppo delle iniziative.

Oggi, Volta Gestione Energie, insieme ad un partner di primaria importanza nel settore delle energie rinnovabili, sta realizzando un impianto eolico della potenza di circa 44 MW, costituito da 9 aerogeneratori e sta per iniziare i lavori di un altro impianto eolico da 30 MW, entrambi in Sicilia. Lo sviluppo delle iniziative è stato portato avanti dal team di Volta Green Energy.

Volta Gestione Energie (di seguito anche la “Società”), ha in progetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l’installazione di 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6,3 MW, per una potenza complessiva di 37,8 MW, nei territori Comunali di Mogorella e di Villa Sant’Antonio, in provincia di Oristano (di seguito anche “Parco Eolico Mogorella - Sant’Antonio” o solamente “Parco Eolico”).

Secondo quanto previsto dal preventivo di connessione prot. n. 51717, Codice Pratica 202001093, rilasciato da Terna S.p.A. in data 18/08/2020, e trasmesso da Terna S.p.A. in data 18/08/2020, poi accettato dalla Società in data 15/12/2020, l’impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta attraverso una stazione utente di trasformazione e consegna (“SSEU”) da collegare in antenna a 220 kV su un nuovo stallo a 220 kV dell’esistente Stazione Elettrica (“SE”) di smistamento della RTN a 220 kV di “Mogorella”.

Il modello di aerogeneratore (“WTG”) scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è Siemens Gamesa SG170 da 6,3 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell’impianto.

L’area interessata dal Parco Eolico ricade su una superficie prevalentemente agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l’impianto sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un’orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine hanno all’incirca un’altitudine media s.l.m. di 300 m.

L’energia prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata alla SSEU prevista nel Comune di Mogorella (OR), nella particella 5 del foglio 2, per la trasformazione e la consegna dell’energia elettrica alla Rete di Trasmissione Nazionale.

La sottostazione AT/MT del Parco Eolico Mogorella - Sant’Antonio prevede la condivisione di alcune opere utente con la sottostazione elettrica di un altro impianto eolico in progetto proposto da un altro operatore; entrambe le sottostazioni, nell’ottica di razionalizzazione delle opere di rete, saranno quindi collegate al medesimo stallo a 220 kV della esistente SE RTN “Mogorella”.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Legge 23 luglio 2009, n°99, "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia";
- Decreto del 27/02/09, Ministero della Sviluppo Economico;
- Decreto del 29/05/08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica";
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- Norma 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";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

3. FONTI DI EMISSIONE

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco eolico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco eolico:

- tutte le linee elettriche interrate a servizio del parco:
 - elettrodotto MT di interconnessione fra gli aerogeneratori del sottocampo;
 - elettrodotto MT di vettoriamento dell’energia prodotta dai sottocampi verso la cabina di trasformazione;
 - elettrodotto in AT di collegamento tra SSEU ed SE.
- le cabine di trasformazione primarie e secondarie (SSEU 30/220 kV e Stallo in SE 220KV);
- i generatori eolici.

La fonte di campo elettromagnetico prodotto dalle opere nella SE è stata analizzata nel Progetto di TERNA, nell’ambito del quale sono state definite le relative DPA.

Le rimanenti componenti dell’impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, pertanto non verranno trattate ai fini della valutazione. Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

3.1. ELETTRODOTTO MT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SSE, saranno del tipo standard.

Si tratta di cavi unipolari, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L’isolante dei cavi è costituito da miscela in elastomero termoplastico HPTE, e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela estrusa. Il cavo presenta uno schermo metallico. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva.

I cavi verranno interrati ad una profondità di 1,10 m. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30 kV.

Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza vettoriata e del numero di aerogeneratori collegati a valle di tale linea. Ciascun aerogeneratore ha una corrente con produzione nominale pari a circa 120 A alla tensione di 30kV. La tabella che segue riporta il dimensionamento dei cavi e la verifica delle sezioni, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-17. Tutte le linee in cavo

soddisfano la verifica termica prevista dalla citata normativa, sia per quanto concerne le correnti di cortocircuito che per la tenuta termica dei cavi.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm ²]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Corrente nominale [A]	Portata cavo nominale [A]	N. circuiti nella sez. di scavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta [A]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVAR]	ΔV %	ΔV % cumulato	Potenza persa [kW]	Δp %	
LINEA 1	V05	V03	3x1x120	1770	6,3	127,78	290	2	0,838	243,04	53%	0,5894	0,230	2,071	0,47%	1,97%	28,869	0,46%	
	V03	M01	3x1x300	2850	12,6	255,55	486	2	0,838	407,31	63%	0,3762	0,314	4,141	0,67%	1,51%	73,705	0,58%	
	M01	SSE	3x1x630	3745	18,9	383,33	725	2	0,838	607,61	63%	0,2768	0,371	6,212	0,84%	0,84%	122,000	0,65%	
LINEA 2	V06	V04	3x1x120	845	6,3	127,78	290	2	0,838	243,04	53%	0,2814	0,110	2,071	0,22%	1,48%	13,782	0,22%	
	V04	M02	3x1x300	1220	12,6	255,55	486	2	0,838	407,31	63%	0,1610	0,134	4,141	0,29%	1,25%	31,551	0,25%	
	M02	SSE	3x1x630	4320	18,9	383,33	725	2	0,838	607,61	63%	0,3192	0,428	6,212	0,97%	0,97%	140,731	0,74%	
POTENZA COMPLESSIVA					37,800														

3.2. SOTTOSTAZIONE UTENTE DI TRASFORMAZIONE 30/220 KV

La sottostazione di trasformazione MT/AT ha lo scopo di elevare la tensione dai 30 kV della rete MT proveniente dal parco eolico ai 220 kV della rete di trasmissione nazionale, nella quale il parco dovrà conferire l’energia prodotta. Tale elevazione avverrà attraverso un trasformatore di potenza, da 40/50 MVA.

La corrente nominale dell’impianto in AT sarà pari a circa 101 A, ad una tensione di 220 kV e alla frequenza di rete di 50 HZ.

È prevista altresì l’installazione di un trasformatore trifase di distribuzione MT/BT, per l’alimentazione dei servizi ausiliari della sottostazione, della potenza nominale fino a 125 kVA, ubicato presso il locale produttore della sottostazione.

Verrà fatto uso di trasformatori di tensione del tipo induttivo per le misure fiscali e del tipo capacitivo per le protezioni, così pure si farà uso di una terna di trasformatori amperometrici per effettuare le misure.

Infine, presso l’edificio di sottostazione, verranno installati i quadri MT di protezione, sezionamento e misura, nonché i quadri di bassa tensione per i servizi ausiliari.

3.3. GENERATORI EOLICI

Relativamente alla sola componentistica elettrica, l’aerogeneratore di nuova installazione risulta composto da:

- un generatore elettrico della potenza nominale pari a 6,3 MW alla tensione di 0.69kV;
- un trasformatore MT/BT 0,69/30kV potenza 6,3MW;
- scomparti MT per la connessione in entra-esci dell’aerogeneratore con la linea passante, in numero variabile a seconda della configurazione della rete;

- un sistema LPS per la protezione dalle sovratensioni atmosferiche;
- una rete di terra, collegata con le fondazioni dell’aerogeneratore;
- un sistema di controllo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento dell’aerogeneratore e le eventuali anomalie.

La potenza del generatore elettrico viene resa ad un livello di tensione pari a 69kV, che viene innalzata attraverso il trasformatore BT/MT alla tensione di esercizio della rete, pari a 30 kV. La potenza così prodotta, con un livello di tensione compatibile con la rete, viene immessa nella rete di vettoriamento tramite un collegamento in entra-esce, realizzato attraverso gli scomparti MT installati alla base dell’aerogeneratore.

La navicella che accoglie le principali apparecchiature di cui sopra è installata ad un’altezza pari a circa 115 m; su di essa è installato il rotore, al quale sono connesse radialmente le pale rotoriche, le quali fanno sì che il sistema nel suo complesso raggiunga l’altezza di 200 m dal suolo.

Il rotore è sicuramente il componente maggiormente soggetto al rischio di fulminazione, e, proprio per tale motivo l’aerogeneratore è dotato di un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche.

Tutte le parti metalliche non attive presenti all’interno dell’aerogeneratore sono collegate alla sbarra di terra, così pure la rete di terra esterna all’aerogeneratore. Anche il trasformatore MT/BT risulta collegato alla sbarra di terra attraverso il proprio centro stella.

La rete di terra consisterà nella posa di un doppio anello di rame della sezione di 95 mmq, posato ad una profondità pari a quella del piano di posa delle fondazioni. I due anelli saranno collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all’armatura del plinto di fondazione.

4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici e sul contenimento del rischio di elettrocuzione è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti. Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall’APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

4.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003.

L’art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell’induzione magnetica mostrati in tabella.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 μT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

4.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite di tale campo pari a 5kV/m, inteso come valore efficace.

5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall’APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall’elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l’utilizzo di cavi del tipo in alluminio schermati in posa a trifoglio a elica visibile per sezioni fino a 630 mm², mentre a semplice trifoglio per i cavi di sezione maggiore.

La tabella che segue mostra le differenti tipologie di cavi da utilizzare e le caratteristiche di posa

	Cavi con isolamento in EPR			
Tensione	30 kV	30 kV	30 kV	220 kV
Sezione (mm²)	120	300	630	1600
Tipo posa	Cordato a elica visibile	Cordato a elica visibile	Trifoglio	Trifoglio
Profondità posa (m)	1,10	1,10	1,10	1,50

5.1. CAVI POSA ELICORDATA SEZIONE 120-300 MM²

Si fa presente che, date le caratteristiche costruttive, i cavi in progetto presentano una configurazione ad elica visibile per le sezioni fino a 300 mm².

Come già anticipato, trattasi di cavi elicordati ad elica visibile. Come noto dalla normativa citata in materia, le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio.

In aggiunta a questa prima considerazione, si fa notare come la metodologie di calcolo suggerite dall’APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, con le quali verranno condotti i calcoli nel seguito, fanno esplicito riferimento al caso in questione come un caso per il quale non è richiesto alcun calcolo delle fasce di rispetto.

All’art. 3.2 dell’allegato al suddetto decreto viene infatti detto che:

“sono escluse dall’applicazione della metodologia:

Le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanza previste dal Decreto interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991”.

Trattandosi nei casi in questione di un elettrodotto costituito da linee in MT in cavo cordato ad elica, come evidenziato in precedenza, si ritiene a maggior ragione non essere necessario alcuno studio circa i campi magnetici generati dai cavi di sezione 120– 300 mm².

Il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 120 –300 mm² risulta essere infatti di gran lunga inferiore ai valori limite richiesti e, pertanto, già dopo una prima analisi qualitativa, se ne può escludere la valutazione numerica, così come previsto dalla normativa e dalle leggi vigenti.

5.2. CAVI POSA A TRIFOGLIO SEZIONE 630 MM² E 1600 MM²

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco eolico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

- CASO A: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terne cavi MT posata a trifoglio;
- CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi MT posata a trifoglio;
- CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terne cavi AT posata a trifoglio;

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 630 mm², della tipologia ARE4H5EE 18/30 kV o equivalente, ossia cavi unipolari.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L’isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semiconduttrice. Sopra l’isolante è posto uno strato per la tenuta all’acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 30kV.

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei in posa a trifoglio, posati ad una profondità di 1,10 m.

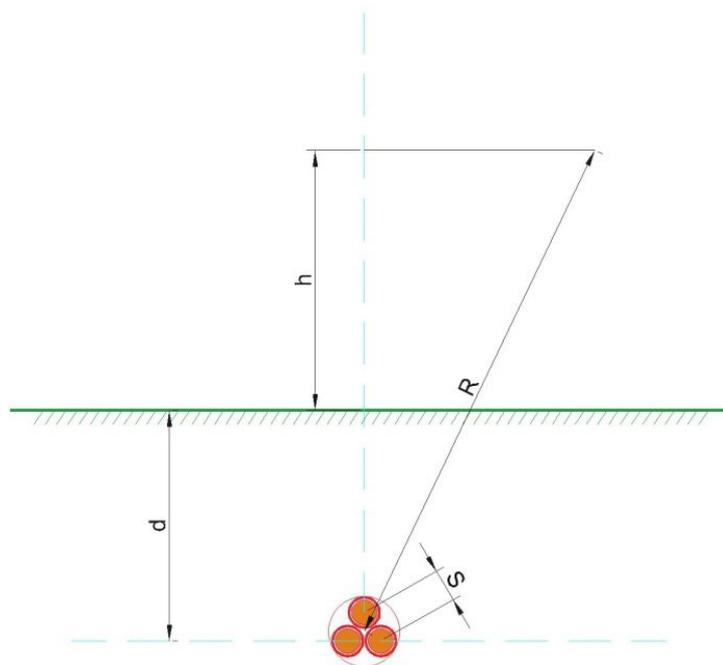
Si procederà adesso, per ognuno dei casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

5.2.1. CASO A – 1 TERNA DI CAVI

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di media tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 0,80 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a $3 \mu\text{T}$. A maggior ragione, considerata una reale profondità di posa pari a 1,10 m, risulta al livello del suolo un valore ancora inferiore.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

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

dove $B [\mu\text{T}]$ è l'induzione magnetica in un generico punto distante $R [\text{m}]$ dal conduttore centrale, $S [\text{m}]$ è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a $I [\text{A}]$.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-1,10 m
distanza terna dall'asse y	0 m
Sezione terna	3x1x630 mm ²
Portata cavo nominale	725 A
Portata cavo corretta	675 A

Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso di una terna di cavi della sezione di 630 mm², ossia il caso peggiore. Per semplicità di calcolo, si assumerà anche per i cavi di sezione inferiore, ossia pari a 120-300 mm², la medesima fascia di rispetto.

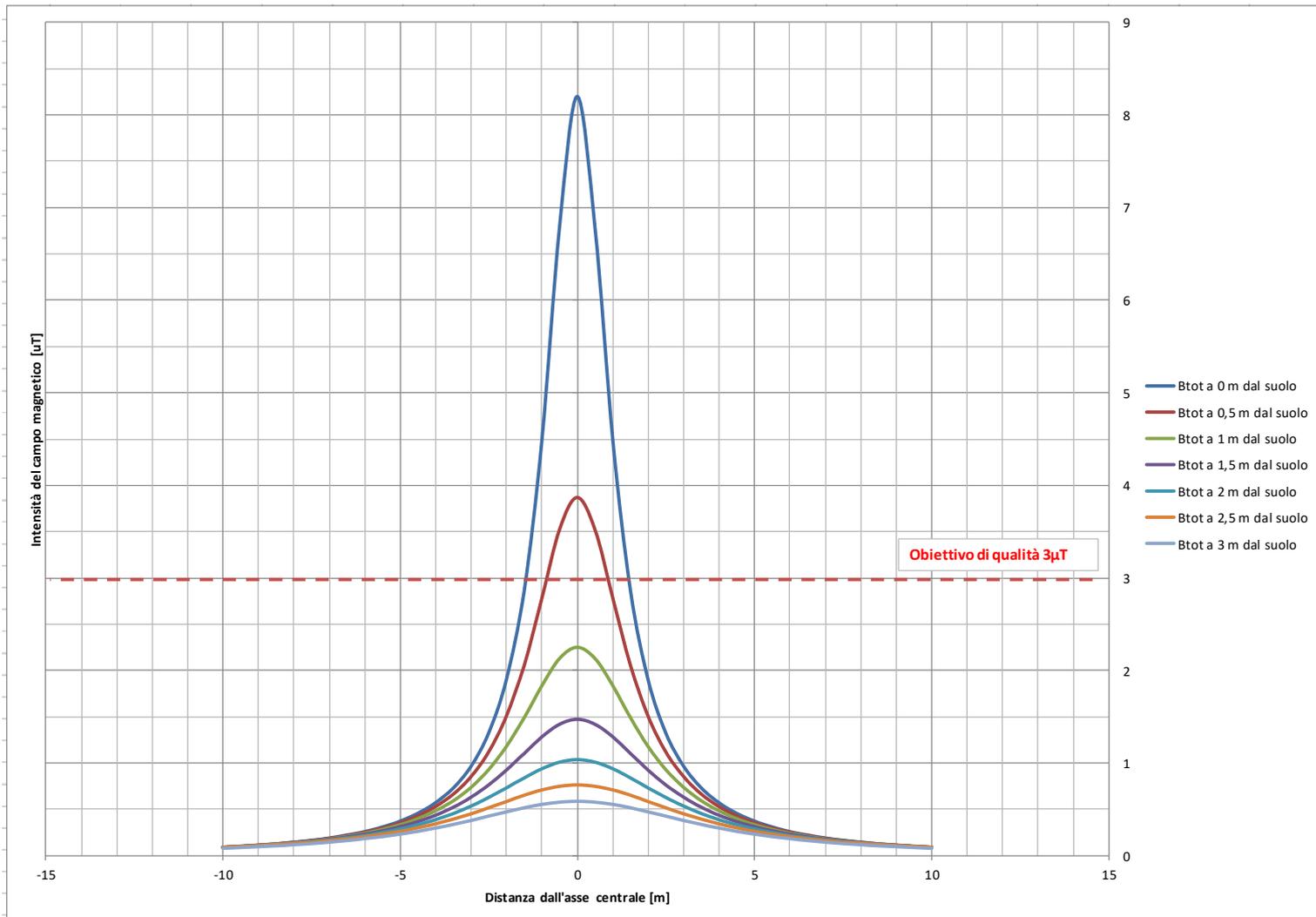
Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della eventuale compresenza di più cavi nello stesso scavo.

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.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08
-9,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09
-9,00	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10
-8,50	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
-8,00	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12
-7,50	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14
-7,00	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
-6,50	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
-6,00	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19
-5,50	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21
-5,00	0,34	0,31	0,29	0,26	0,24
-4,50	0,40	0,37	0,33	0,30	0,27
-4,00	0,49	0,44	0,39	0,34	0,30
-3,50	0,60	0,52	0,45	0,39	0,34
-3,00	0,74	0,63	0,53	0,45	0,38
-2,50	0,93	0,76	0,63	0,52	0,43
-2,00	1,18	0,92	0,73	0,58	0,48
-1,50	1,49	1,10	0,84	0,65	0,52
-1,00	1,83	1,28	0,94	0,71	0,56
-0,50	2,13	1,42	1,01	0,75	0,58
0,00	2,25	1,47	1,03	0,77	0,59
0,50	2,13	1,42	1,01	0,75	0,58
1,00	1,83	1,28	0,94	0,71	0,56
1,50	1,49	1,10	0,84	0,65	0,52
2,00	1,18	0,92	0,73	0,58	0,48
2,50	0,93	0,76	0,63	0,52	0,43
3,00	0,74	0,63	0,53	0,45	0,38
3,50	0,60	0,52	0,45	0,39	0,34
4,00	0,49	0,44	0,39	0,34	0,30
4,50	0,40	0,37	0,33	0,30	0,27

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μ T]
5,00	0,34	0,31	0,29	0,26	0,24
5,50	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21
6,00	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19
6,50	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
7,00	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
7,50	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14
8,00	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12
8,50	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
9,00	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10
9,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09
10,00	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall’asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell’intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l’obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l’elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all’asse centrale, pari a 2,25 μT , inferiore al limite fissato.

Per il caso A in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a 100 μT lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l’obiettivo di qualità pari a 3 μT .

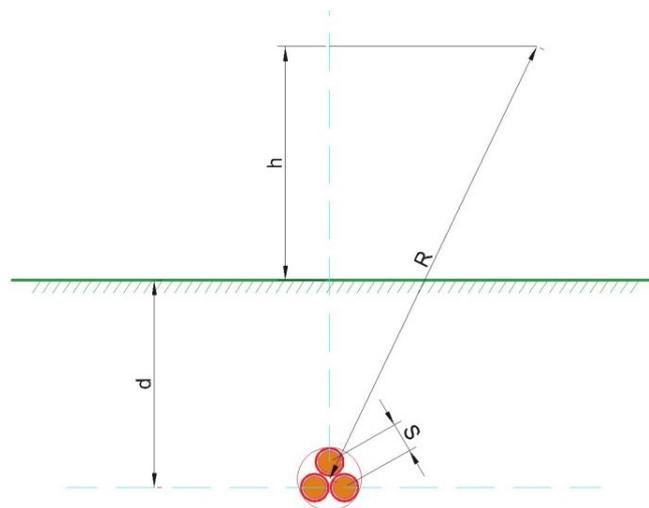
5.2.2. CASO B – 2 TERNE DI CAVI

Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell’induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_t I_t \left[\frac{y_t - y}{(x - x_t)^2 + (y - y_t)^2} \right] \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_t I_t \left[\frac{x_t - x}{(x - x_t)^2 + (y - y_t)^2} \right]$$

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell’intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato dal un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

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

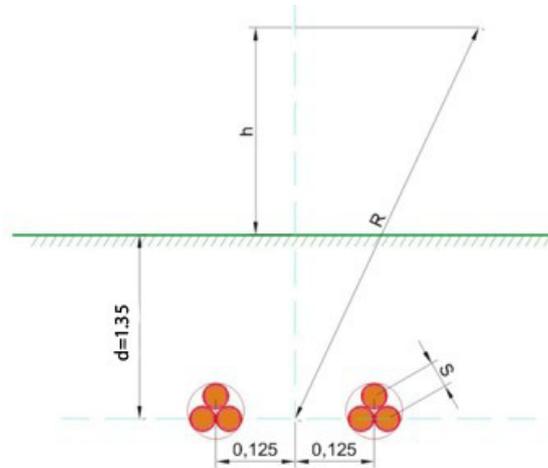
dove B [μ T] è l’induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l’elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne, e fissando l’**asse centrale** del sistema come

riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall’elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2}$$



dove B [μ T] è l’induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a Ii [A] (specificata della terna i-esima).

Per quanto riguarda la corrente I_i, il DPCM 8/07/2003 all’art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell’elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11-60, la quale regola la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI 11-17.

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, 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 dei cavi	-1,10 m
distanza terna 1 dall'asse y	-0,125 m
distanza terna 2 dall'asse y	0,125 m
Sezione terne	3x1x630 mm ²
Portata cavo nominale	636 A
Portata cavo corretta	533 A

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, è stato preso in esame il caso con la compresenza nello stesso scavo di due terne di cavi della sezione di 500 mm².

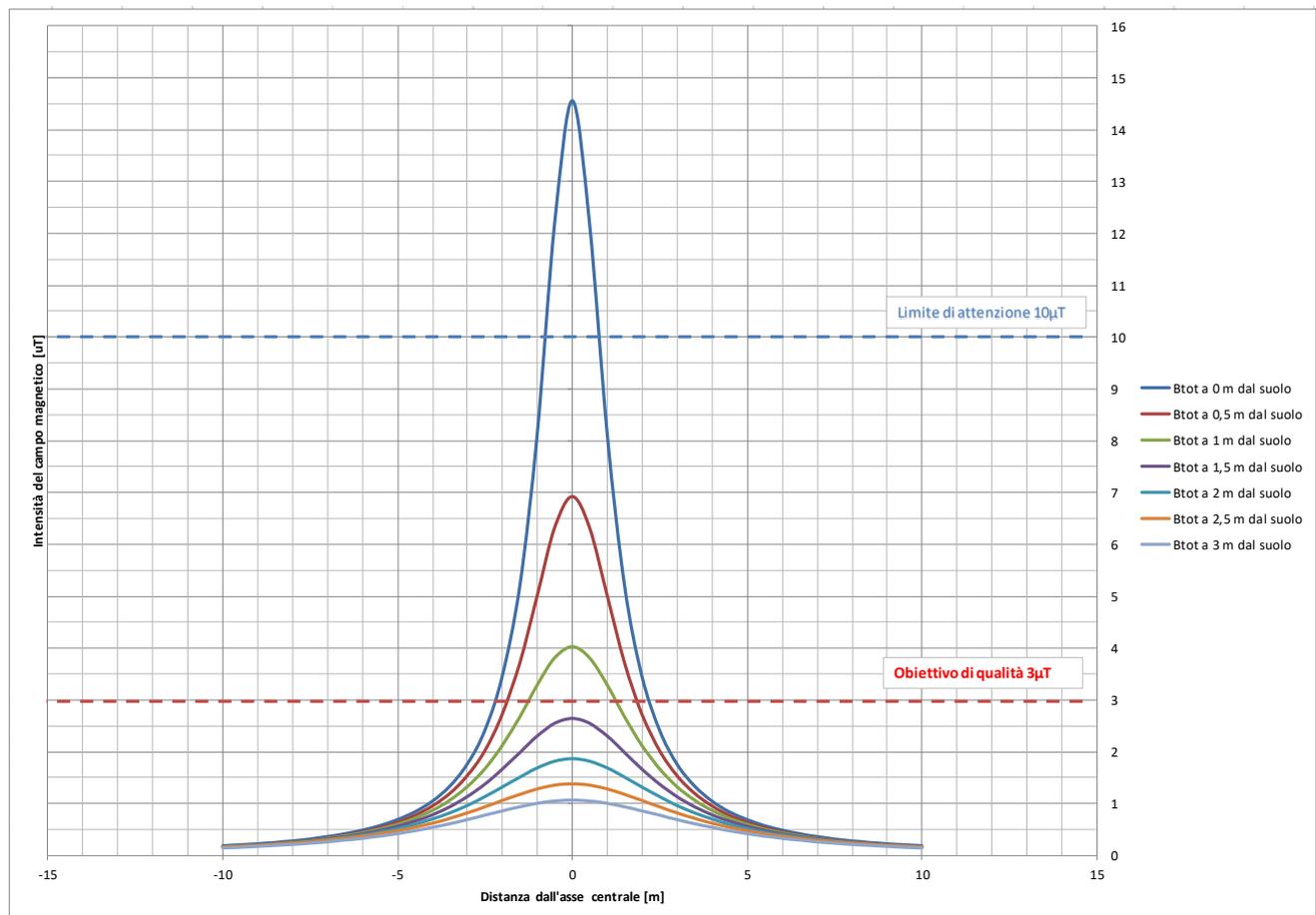
Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

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.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μ T]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μ T]
-10,00	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15
-9,50	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17
-9,00	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18
-8,50	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20
-8,00	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
-7,50	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24
-7,00	0,33	0,32	0,30	0,29	0,27
-6,50	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30
-6,00	0,44	0,42	0,39	0,36	0,34
-5,50	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38
-5,00	0,61	0,56	0,52	0,47	0,43
-4,50	0,72	0,66	0,60	0,54	0,48
-4,00	0,88	0,78	0,70	0,62	0,54
-3,50	1,07	0,94	0,82	0,71	0,61
-3,00	1,33	1,13	0,96	0,81	0,69
-2,50	1,68	1,37	1,13	0,93	0,77
-2,00	2,13	1,66	1,31	1,05	0,86
-1,50	2,68	1,98	1,50	1,17	0,94
-1,00	3,30	2,30	1,68	1,28	1,00
-0,50	3,82	2,54	1,81	1,35	1,04
0,00	4,03	2,63	1,85	1,38	1,06
0,50	3,82	2,54	1,81	1,35	1,04
1,00	3,30	2,30	1,68	1,28	1,00
1,50	2,68	1,98	1,50	1,17	0,94
2,00	2,13	1,66	1,31	1,05	0,86
2,50	1,68	1,37	1,13	0,93	0,77
3,00	1,33	1,13	0,96	0,81	0,69
3,50	1,07	0,94	0,82	0,71	0,61
4,00	0,88	0,78	0,70	0,62	0,54
4,50	0,72	0,66	0,60	0,54	0,48
5,00	0,61	0,56	0,52	0,47	0,43
5,50	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38
6,00	0,44	0,42	0,39	0,36	0,34
6,50	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30
7,00	0,33	0,32	0,30	0,29	0,27
7,50	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24
8,00	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
8,50	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20
9,00	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18
9,50	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
10,00	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall’asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell’intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che l’obiettivo da rispettare per il caso in esame è l’obiettivo di qualità, pari a 3 μT, si rileva che l’elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all’asse centrale ad 1m dal piano di calpesio, pari a 4,03 μT, superiore all’obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza h=1m) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all’obiettivo di qualità pari a 3 μT.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,30 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a 2,93 μT.

Pertanto, relativamente all’elettrodotto costituito da 2 terne (caso B), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 2,6 m, centrata sull’asse del cavidotto (DPA pari a 1,30 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell’obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema.

Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

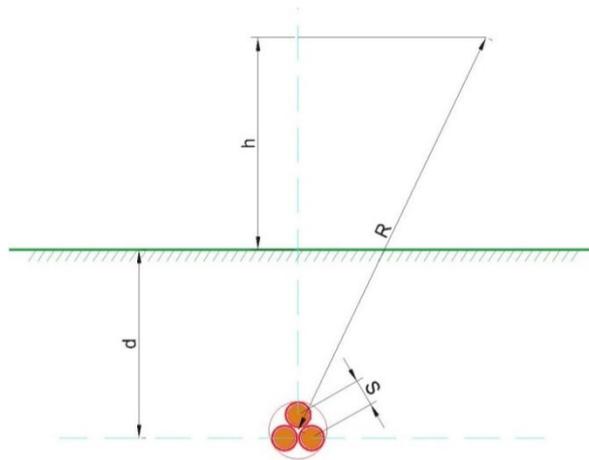
Infine, sia l’obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza.

Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

5.2.3. CASO C – 1 TERNA DI CAVI AT – POSA 1,50 M

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di alta tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.6.2.3 indica le modalità di calcolo.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

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

dove B [μ T] è l’induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti (10cm), percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

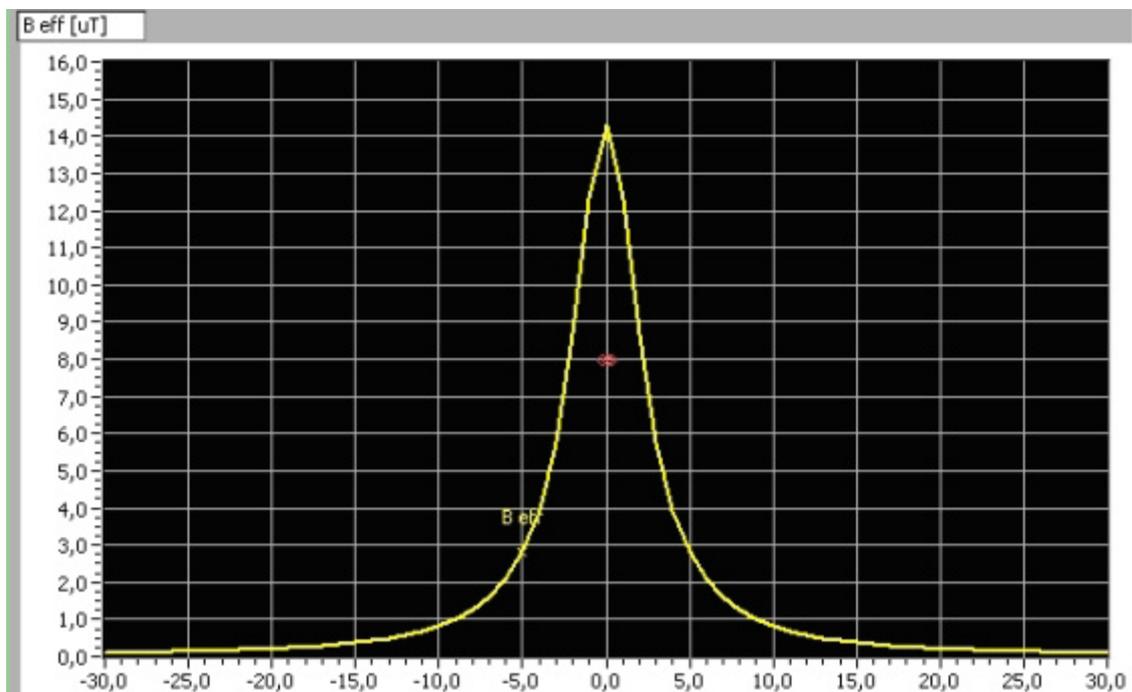
Profondità di posa dei cavi	-1,50 m
distanza terna dall'asse y	0 m
Sezione terna	3x1x1600 mm ²
Portata cavo nominale	1000 A
Portata cavo corretta	1000 A

Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso di una terna di cavi della sezione di 16000 mm², corrispondente alla tratta di collegamento fra la SSE utente e la SE Terna. Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della eventuale compresenza di più cavi nello stesso scavo.

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 1 m.

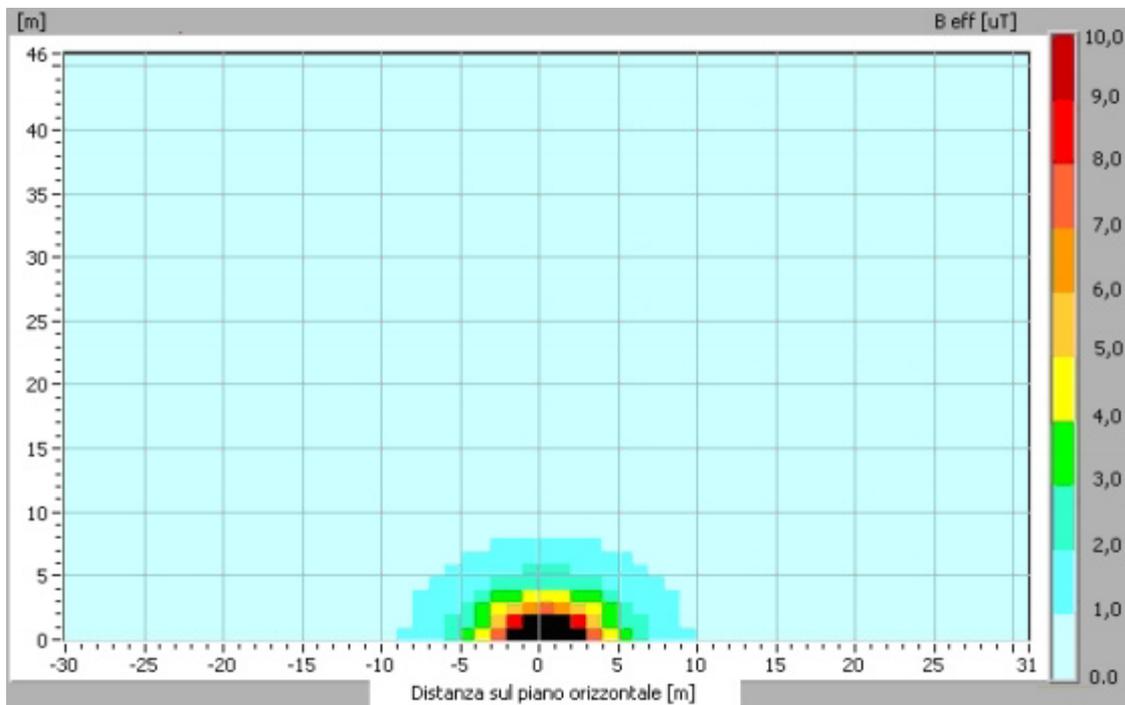
Distanza dall'asse centrale [m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
-30,000	0,016	0,094	0,096
-29,000	0,017	0,101	0,102
-28,000	0,019	0,108	0,110
-27,000	0,021	0,116	0,118
-26,000	0,024	0,125	0,127
-25,000	0,027	0,135	0,137
-24,000	0,030	0,146	0,149
-23,000	0,034	0,158	0,162
-22,000	0,039	0,172	0,177
-21,000	0,045	0,189	0,194
-20,000	0,052	0,207	0,213
-19,000	0,060	0,228	0,236
-18,000	0,070	0,253	0,262
-17,000	0,083	0,282	0,294
-16,000	0,099	0,315	0,331
-15,000	0,119	0,356	0,375
-14,000	0,146	0,403	0,429
-13,000	0,180	0,461	0,495
-12,000	0,227	0,531	0,578
-11,000	0,290	0,618	0,682
-10,000	0,378	0,725	0,817
-9,000	0,505	0,858	0,996
-8,000	0,694	1,025	1,238
-7,000	0,984	1,231	1,576
-6,000	1,447	1,473	2,065
-5,000	2,214	1,710	2,798
-4,000	3,517	1,782	3,943
-3,000	5,669	1,136	5,781
-2,000	8,463	1,817	8,656
-1,000	8,549	8,853	12,307
0,00	0,841	14,279	14,304
1,000	1,65	1,16	0,86
2,000	1,48	1,07	0,81
3,000	1,26	0,95	0,74
4,000	3,517	1,782	3,943
5,000	2,214	1,710	2,798
6,000	1,447	1,473	2,065
7,000	0,984	1,231	1,576
8,000	0,694	1,025	1,238

Distanza dall'asse centrale [m]	B orizz.le [μT]	B verticale [μT]	B risultante [μT]
9,000	0,505	0,858	0,996
10,000	0,378	0,725	0,817
11,000	0,290	0,618	0,682
12,000	0,227	0,531	0,578
13,000	0,180	0,461	0,495
14,000	0,146	0,403	0,429
15,000	0,119	0,356	0,375
16,000	0,099	0,315	0,331
17,000	0,083	0,282	0,294
18,000	0,070	0,253	0,262
19,000	0,060	0,228	0,236
20,000	0,052	0,207	0,213
21,000	0,045	0,189	0,194
22,000	0,039	0,172	0,177
23,000	0,034	0,158	0,162
24,000	0,030	0,146	0,149
25,000	0,027	0,135	0,137
26,000	0,024	0,125	0,127
27,000	0,021	0,116	0,118
28,000	0,019	0,108	0,110
29,000	0,017	0,101	0,102
30,000	0,016	0,094	0,096



Profilo laterale del campo magnetico ad un metro dal suolo con cavi posizionati ad una profondità di 1,5 m

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall’asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell’intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Mappatura del campo magnetico con cavi posizionati ad una profondità di 1,5 m

Ricordando che l’obiettivo da rispettare per il caso in esame è l’obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l’elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all’asse centrale ad piano di calpestio, pari a $14,0 \mu\text{T}$, superiore all’obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all’obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa $5,0 \text{ m}$, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,93 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all’elettrodotto costituito da 1 terne AT (caso C), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di $10,0 \text{ m}$, centrata sull’asse del cavidotto (DPA pari a $5,00 \text{ m}$), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell’obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla

reale configurazione del sistema.

Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

Infine, sia l’obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza.

Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

5.2.4. RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco eolico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

- CASO A: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terne cavi MT posata a trifoglio;
- CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi MT posata a trifoglio;
- CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terne cavi AT posata a trifoglio;

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 630 mm², della tipologia ARP1H5(AR)E o equivalente, ossia cavi unipolari, in quanto, come già detto al paragrafo precedente, per i cavi di sezioni inferiori è previsto l'utilizzo di cavi tripolari elicordati i cui campi elettromagnetici generati sono già definiti trascurabili dalla normativa.

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei in posa a trifoglio, posati ad una profondità di 1,10 m.

Si procederà adesso, per ognuno dei casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

La tabella che segue mostra un riepilogo delle DPA dagli elettrodotti interrati di media tensione, calcolate come meglio specificato nei paragrafi precedenti.

Tipologia cavi	Tensione	Sezione cavi	N. terne in parallelo	DPA
cavo interrato posa elicordata	30 kV - MT	120 - 300 mm ²	Qualunque	0 m
cavo interrato posa a trifoglio	30 kV - MT	630 mm ²	1 (caso A)	0 m
	30 kV - MT		2 (caso B)	1,3 m
	220 kV - AT	1600 mm ²	3 (caso C)	5,0 m

Si rimanda all'**Allegato A** per l'individuazione planimetrica delle DPA relative agli elettrodotti.

6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SSE DI UTENTE

La sottostazione di trasformazione AT/MT è 220/30 kV una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 30/220 kV, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

- Sbarre A.T. a 220 kV in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di B.T., trasformatori M.T./B.T., trasformatori A.T./M.T., apparecchiature in B.T., ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore. Trattandosi di una cabina primaria isolata in aria, il D.M.29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, in quanto le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Ad ulteriore conferma di quanto appena riportato, ENEL Distribuzione S.p.a., nel documento “Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” riporta le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell'allegato A al sopracitato documento, vengono riportate le distanze minime da garantire dal centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT
- circa 7 m dal centro sbarre MT.

Sulla base di tali indicazioni normative, sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area della sottostazione, per il cui dettaglio si rimanda all'**Allegato B**.

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade o all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione,. Una porzione minore della fascia di rispetto ricade invece sulla viabilità di accesso alla medesima SSEU, pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo di qualità.

7. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI

Le principali componenti dell’aerogeneratore che risultano essere fonte di campi elettromagnetici sono il generatore elettrico ed il trasformatore BT/MT.

Entrambe le sorgenti operano con correnti e tensioni di esercizio tali che i campi elettromagnetici prodotti risultano estinti nell’arco di pochi metri dalle sorgenti. Considerata inoltre la quota di installazione, superiore ad 86 m, ne consegue che al livello del suolo si possa considerare nullo l’effetto di tali sorgenti.

Inoltre, la struttura metallica dell’aerogeneratore, entro il quale tali apparecchiature sono collocate, funge da ulteriore schermatura per i campi elettrici, attenuandone ulteriormente l’intensità.

A maggior tutela, si ricorda che gli aerogeneratori sono posti, rispetto alle abitazioni e agli edifici civili in cui vi sia una permanenza prolungata, ad una distanza tale da poter considerare l’entità dei campi elettromagnetici generati assolutamente insignificante.

8. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l’impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l’eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

-Elettrodotti MT:

- nel caso di cavi elicordati (sezioni 120-300 mm²) i campi elettromagnetici sono trascurabili, non è necessaria l’apposizione di alcuna fascia di rispetto
- nel caso di cavi unipolari posati a trifoglio con una singola terna di cavi nella sezione di scavo, non risulta necessaria l’apposizione di alcuna fascia di rispetto;
- nel caso di cavi unipolari posati a trifoglio con due terne di cavi in parallelo di sezione 630 mm², i campi elettromagnetici risultano di modesta entità, di poco superiori agli obiettivi di qualità, ma comunque inferiori ai limiti imposti dalla normativa.
- Sono state individuate differenti casistiche, in funzione del numero di terne parallele posate all’interno della stessa sezione di scavo, e per ciascuna di esse è stata determinata la DPA corrispondente. In tutti i casi, l’entità delle DPA è tale da ricadere all’interno della carreggiata stradale lungo la quale giacciono i cavidotti, senza interferenze con luoghi da tutelare.

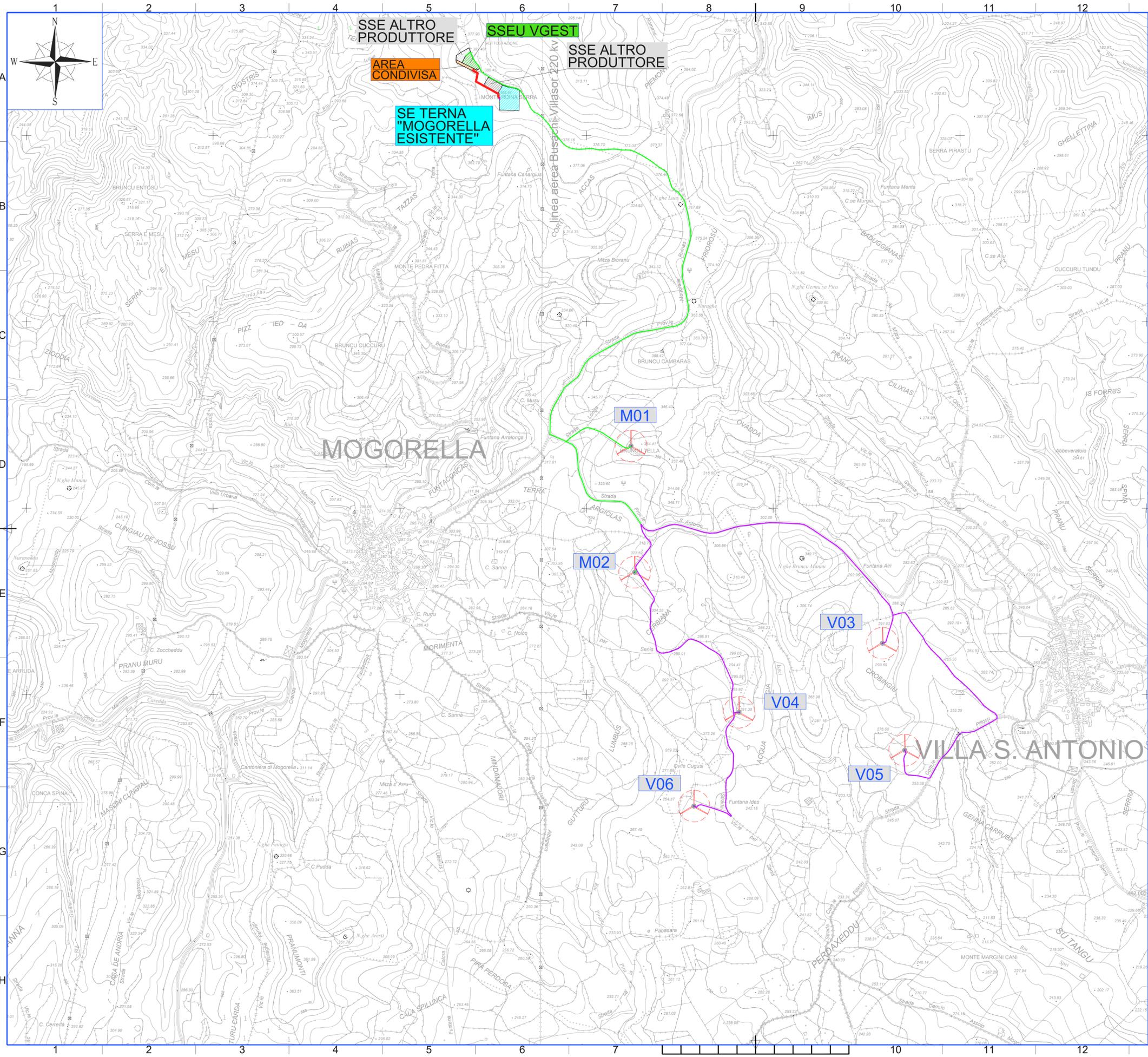
-**Elettrodotto AT di collegamento tra le stazioni:** i campi elettromagnetici risultano più intensi in prossimità degli elettrodotti AT, ma trascurabili all’esterno dell’area della SSEU e della SE. È stata individuata la fascia di rispetto, ricadente per lo più nelle aree di pertinenza delle due Stazioni e della viabilità di accesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

-**Sottostazione elettrica di utente:** i campi elettromagnetici risultano più intensi in prossimità delle apparecchiature AT, ma trascurabili all’esterno dell’area della sottostazione. È stata individuata la fascia di rispetto, ricadente per lo più nelle aree di pertinenza della SSEU e all’interno della limitrofa SE Terna o della viabilità di accesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

-**Aerogeneratori:** campi elettromagnetici trascurabili, non è necessaria l’apposizione di alcuna fascia di rispetto.

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere al di sotto dei limiti imposti dalla vigente normativa.

9. ALLEGATO A: DPA ELETTRODOTTI MT



LEGENDA

	Fascia campi elettromagnetici A
	Fascia campi elettromagnetici B
	Fascia campi elettromagnetici C

ID Fascia Campi Elettromagnetici	Tipologia cavi	Tensione	Sezione cavi	N. terne in parallelo	fasce di rispetto (DPA)
DPA tipo A	cavo posa elicordata	30 KV	120 mm2 -300 mm2	Qualunque	0 m
	Cavo posa a trifoglio	30 KV	630 mm2	1	
DPA tipo B	Cavo posa a trifoglio	30 KV	630 mm2	2	1,3 m
DPA tipo C	Cavo posa a trifoglio	220 KV	1600 mm2	1	5,0 m

0	Novembre 2021	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	MG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Volta Gestione Energie

REGIONE SARDEGNA
 Provincia di Oristano
 COMUNI DI MOGORELLA E VILLA SANT'ANTONIO



PARCO EOLICO MOGORELLA - SANT'ANTONIO
 PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE: **VGest**
 Volta Gestione Energie S.r.l.
 Piazza Manifattura, 1 - 09069 Revere (TV)
 Codice Fiscale e Partita IVA 02650940220
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101
 PEC volta-gestioneenergie@legalmi.it

PROGETTISTA: **HE** Hydro Engineering s.s.
 di Damiano e Mariano Galbo
 via Rossotti, 39
 91011 Alcamo (TP) Italy

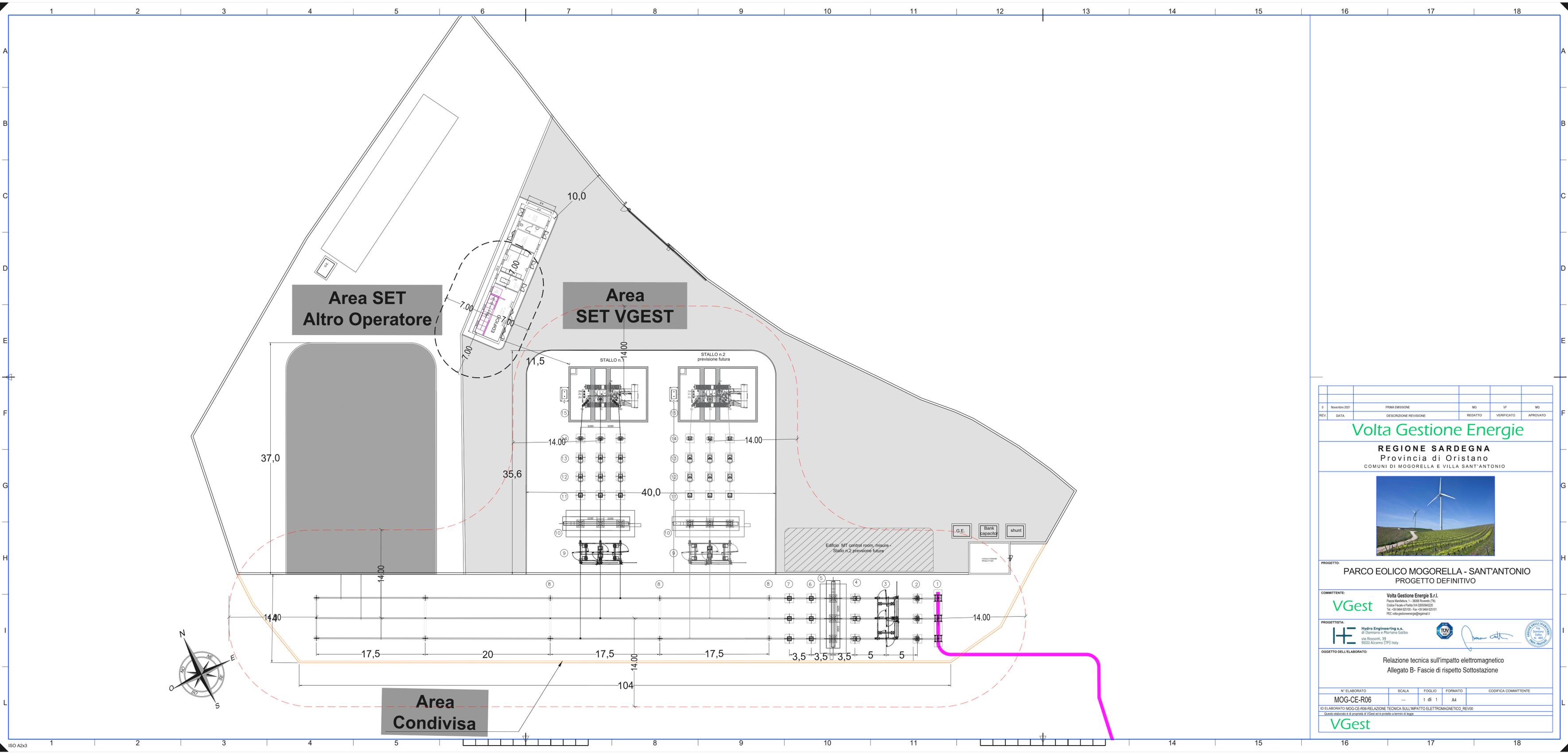
OGGETTO DELL'ELABORATO: Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico
 Allegato A- DPA Elettrodotti

N° ELABORATO	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODIFICA COMMITTENTE
MOG-CE-R06	---	1 di 1	A4	

ID ELABORATO: MOG-CE-R06-RELAZIONE TECNICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO_REV00
 Questo elaborato è di proprietà di VGest ed è protetto a termini di legge.



10. ALLEGATO B: DPA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE



0	Novembre 2021	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	MG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Volta Gestione Energie

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Oristano
COMUNI DI MOGORELLA E VILLA SANT'ANTONIO

PROGETTO: **PARCO EOLICO MOGORELLA - SANT'ANTONIO**
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE: **VGest** Volta Gestione Energie S.r.l.
Piazza Manifattura 1 - 36068 Rovereto (TN)
Codice Fiscale e Partita IVA 02659450222
Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625151
PEC: volta-gestioneenergie@gmail.it

PROGETTISTA: **HE** Hydro Engineering s.r.l.
di Domènica e Marianna Gallo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy

OGGETTO DELL'ELABORATO: **Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico**
Allegato B- Fasce di rispetto Sottostazione

N° ELABORATO	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODIFICA COMMITTENTE
MOG-CE-R06	---	1 di 1	A4	

Questo elaborato è di proprietà di VGest ed è protetto a termini di legge.

VGest