

PROPONENTE



PARCO EOLICO POGGIO TRE VESCOVI - FRESCIANO

PROGETTO DEFINITIVO OTTIMIZZATO

(Procedura ai sensi della Legge 214/1990, art.14 quater, comma 3)

COORDINAMENTO GENERALE



Via Francesco Tamagno, 7 - 20124 - Milano (MI)

PROGETTAZIONE OPERE CIVILI E VIABILITA'

ENKI
INGEGNERIA

Ing. Andrea MAZZETTI
ENKI S.r.l. - Società di ingegneria civile e ambientale
Via G.B. Lulli, 62 - Firenze (FI)

RILEVAMENTI TOPOGRAFICI

RILIEVI TOPOGRAFICI



Geom. Roberto POSSENTI
Via A. De Gasperi, 5 -
Villagrande di Montecaplo (PU)

NOME ELABORATO

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Relazione previsionale di impatto
elettromagnetico

S.I.A.



Dott. Agr. Andrea VATTERONI
Dott. Agr. Elena LANZI
Ing. Cristina RABOZZI

CODICE ELABORATO

VIE REL 001

ANALISI ED INDAGINI GEOLOGICO-TECNICO
E SISMICHE

SINERGIA
progettazione e consulenza ambientale srls
Viale Belfiore, 10 - Firenze (FI)

Dott. Geol. Luca GARDONE
Dott. Geol. Marcello GHINASSI
Dott. Geol. Luca UGOLINI
Dott. Geol. Giulio MOSCARDI

IMPATTO ACUSTICO

TECNOCREO

Ing. Matteo BERTONERI
Ing. Claudio FIASCHI
Via Genova, 4 - Carrara (MS)

ANALISI PAESAGGISTICHE



Via NAPOLI 30
19122 La Spezia (IT)
e-mail: info@avln.it

Arch. Massimo VALENTE

ANALISI ED INDAGINI FAUNISTICHE VEGETAZIONALI

Marco Lucchesi Biologo
Via San Francesco, 79 - Livorno (LI)

PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA ELETTRICA

Studio Tecnico Associato
MANNELLI - GINANNI - ANDREINI

Servizi di Progettazione, Ingegneria e Consulenza Tecnica
Studio Certificato ISO 9001:2008

Via D. Campana, 162 - Pistoia (PT)

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI EOLICI



GEO mbH
Redlingsweg, 3 - Langenhorn (DE)

ANALISI ARCHEOLOGICHE



cooperativa archeologia

Cooperativa Archeologia S.C.R.L.
Via Luigi La Vista, 5 - Firenze (FI)



COORDINAMENTO TECNICO

Dott. Roberto SCHIRRU

Data:

MAG. 2017

Redatto

Dott. Ing. Marco Ginanni

Verificato

Dott. Ing. Marco Ginanni

Approvato

Dott. Ing.
Marco Ginanni

Scala disegno:

-

Revisione:

0

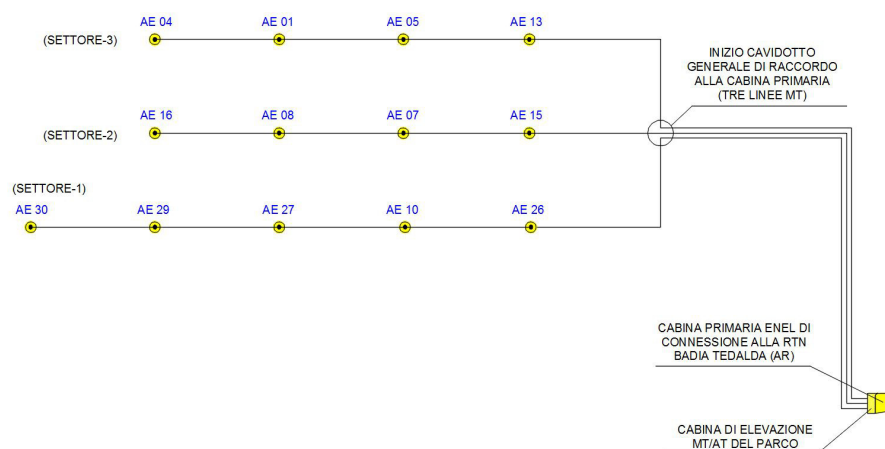
INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE
2. QUADRO CONOSCITIVO DELLA COMPONENTE ELETTROMAGNETICA
3. ANALISI PREVISIONALE DELLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE IN FASE DI CANTIERE
4. ANALISI PREVISIONALE DELLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE IN FASE DI ESERCIZIO
 - 4.1 *Individuazione delle sorgenti di emissione*
 - 4.2 *Descrizione del modello previsionale adottato*
 - 4.3 *Simulazioni numeriche delle emissioni*
5. CONCLUSIONI

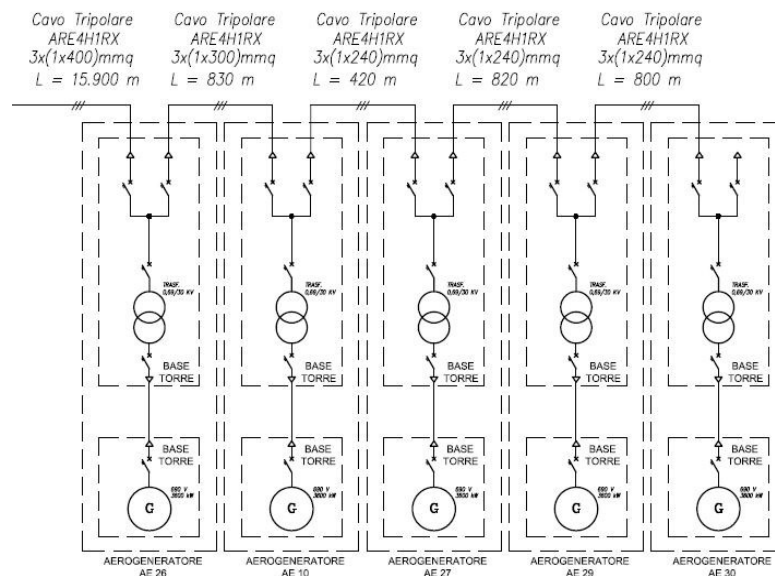
1. INTRODUZIONE

Il Parco Eolico che si andrà a realizzare in località TRE VESCOVI, NELL'ALTA VALMARECCHIA, avrà una potenza complessiva di 46,80 MW, una producibilità annua stimata pari a circa 124 GWh e sarà collegato alla Rete Nazionale di Alta Tensione all'interno della Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda (AR), in ampliamento alla quale sarà realizzata una stazione di elevazione 30/132 kV con punto di consegna in alta tensione (132 kV).

Il parco sarà costituito da n. 13 aerogeneratori, ciascuno avente una potenza massima di 3,6 MW, raggruppati in tre distinti settori: settore-1 → n. 5 aerogeneratori; settore-2 → n. 4 aerogeneratori; settore-3 → n. 4 aerogeneratori.



Gli aerogeneratori di ogni settore saranno collegati fra loro con linee MT entra-esce:



Ogni aerogeneratore sarà infatti dotato di una cabina elettrica inserita alla base della torre, all'interno della struttura metallica della stessa. Nell'ultimo aerogeneratore di ogni sezione, saranno presenti le protezioni elettriche MT della linea finale di collegamento alla Cabina Primaria di Badia Tedalda.

A quest'ultima giungeranno dunque le tre linee MT provenienti dai tre settori costituenti il parco. La stazione di elevazione sarà dotata di celle MT compatte per l'attestazione e la protezione dei cavi provenienti dai tre settori del parco, per la protezione di un trasformatore 30/04 kV dedicato all'alimentazione di tutti i servizi ausiliari della stazione, nonché per l'alimentazione del trasformatore di elevazione della tensione da 30 kV a 132 kV.

Le celle MT saranno alloggiate all'interno del fabbricato di servizio, che avrà dimensioni tali da ospitare tutte le apparecchiature ausiliare, di protezione e controllo e di teletrasmissione dati, oltre ai locali di servizio per il personale addetto.

Il trasformatore di elevazione 30/132 kV avrà una potenza di 50 MVA e sarà installato sopra una platea di appoggio ed ancoraggio esterna, assieme agli isolatori e a tutte le apparecchiature di manovra, protezione e misura in AT.

La misura dell'energia immessa in rete sarà realizzata sullo stallo a 132 kV della cabina di elevazione.

La Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda (AR) sarà equipaggiata con un nuovo stallo AT per il collegamento del parco, a cura della stessa ENEL.

2. QUADRO CONOSCITIVO DELLA COMPONENTE ELETTROMAGNETICA

Le zone interessate dall'impianto eolico e dalle linee interrate a media tensione sono zone essenzialmente rurali e naturali, a basso tasso di antropizzazione. La presenza di infrastrutture che siano sorgenti potenziali di emissioni elettromagnetiche è di conseguenza trascurabile. In particolare non sono presenti installazioni che possano causare un impatto significativo in termini di emissioni elettromagnetiche, sia a bassa frequenza (elettrodotti ad alta tensione) che a frequenze radio (ripetitori radio/TV, ponti radio, stazioni radio base per telefonia mobile).

Quanto sopra ad eccezione della zona in prossimità dell'esistente Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda, dove la presenza dei sistemi di sbarre AT 132 kV e degli elettrodotti aerei 132 kV attestati alla stesse, producono un impatto significativo in termini di emissioni elettromagnetiche.

In tale contesto, il contributo in termini di emissioni elettromagnetiche che sarà introdotto dalla stazione di elevazione del parco risulterà non rilevante, in quanto la stessa stazione sarà costruita in adiacenza alla Cabina Primaria Enel, ovvero all'interno della fascia di emissione generata dalle esistenti infrastrutture AT 132 kV (trasformatori, interruttori, barre ed elettrodotti aerei).

3. ANALISI PREVISIONALE DELLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE IN FASE DI CANTIERE

In considerazione delle fasi e delle tipologie di lavorazione necessarie per la realizzazione del parco, non si individuano sorgenti significative di emissioni elettromagnetiche durante la fase di cantiere.

4. ANALISI PREVISIONALE DELLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE IN FASE DI ESERCIZIO

4.1 Individuazioni delle sorgenti di emissione

Tenuto conto dello sviluppo del parco eolico, della sua consistenza e della suddivisione dello stesso in tre distinti settori (come si evince dallo schema a blocchi precedentemente riportato), in fase di esercizio le fonti di emissioni elettromagnetiche saranno le seguenti:

- a) gli aerogeneratori;
- b) le linee elettriche MT interrate.

Aerogeneratori

Gli aerogeneratori utilizzati sono le turbine Siemens Onshore da 3,6 MW, aventi le seguenti caratteristiche elettriche del generatore:

- Tipo → asincrono.
- N. → 1
- Tensione nominale → 690 V
- Frequenza → 50 Hz
- Potenza massima → 3.600 kW

Gli aerogeneratori producono energia elettrica in bassa tensione (690 V) e sono collegati, tramite cavi di potenza BT, (transitanti all'interno dell'involucro metallico della torre), ai trasformatori di elevazione BT/MT (690 V/30 kV), alloggiati all'interno delle torri stesse, alla base, assieme agli armadi MT contenenti i dispositivi di sezionamento e protezione del trasformatore e delle linee MT interrate in ingresso e uscita dalla torre.

Linee elettriche MT interrate

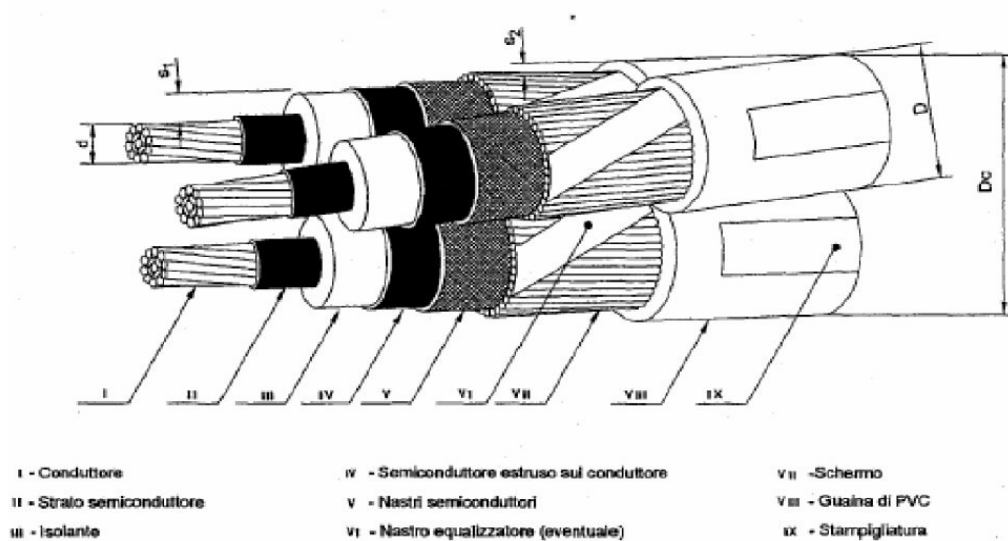
Il collegamento degli aerogeneratori costituenti i vari settori si svilupperà su percorso stradale sterrato. Le relative linee saranno costituite dai seguenti cavi MT 30 kV:

1. Alluminio 3x1x240 mm², di tipo ARE4H1R (portata termica massima di 367 A, con posa a trifoglio), avranno una portata massima di effettivo esercizio di 307,9 A, un diametro del conduttore di 18,4 mm ed un diametro esterno di 38,9 mm;
2. Alluminio 3x1x300 mm², di tipo ARE4H1R (portata termica massima di 414 A, con posa a trifoglio), avranno una portata massima di effettivo esercizio di 384,9 A, un diametro del conduttore di 20,7 mm ed un diametro esterno di 41,6 mm.

Dall'ultimo aerogeneratore di ogni settore, partirà la linea interrata generale che collegherà lo stesso settore alla stazione di elevazione del parco, come detto ubicata in adiacenza alla Cabina Primaria Enel di Badia Tedalda.

Il tracciato delle tre linee in cavo MT, necessarie per collegare le tre sezioni del parco alla cabina Primaria Enel, si svilupperà su percorso stradale/carrabile (sede asfaltata o sterrata) per circa 15 Km.

Per ciascuna delle tre linee, saranno utilizzati cavi MT 30 kV in Alluminio, 3x1x400 mm², di tipo ARE4H1R (portata termica massima di 470 A con posa a trifoglio), caratterizzati da un diametro del conduttore di 23,6 mm ed un diametro esterno di 50,5 mm, con portata massima effettiva di esercizio di 384,9 A per il settore 1 e di 307,9 A per i settori 2 e 3.



Il sistema di linee interrate a servizio del parco, che per la quasi totalità del suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso e la viabilità stradale, sarà realizzato con le seguenti modalità:

- scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili: circa 50x140 cm di altezza (una sola linea tripolare MT); circa 80 x 140 cm di altezza (due linee tripolari MT); circa 100 x 160 cm di altezza (tre linee tripolari MT);
- letto di sabbia di circa 15 cm, per la posa delle linee MT;
- linee tripolari in cavo MT 30 kV;
- rinfiando e copertura dei cavi con sabbia, per almeno 25 cm;
- corda nuda in rame, per la protezione di terra, e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- nastro in PVC di segnalazione;
- rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte;
- manto stradale, per le tratte di cavidotto lungo la viabilità carrabile.

4.2 Descrizione del modello previsionale adottato

La valutazione delle emissioni elettromagnetiche, basata su modelli numerici, è possibile solo per i campi generati dai conduttori, sia quelli all'interno degli aerogeneratori sia quelli delle linee elettriche in media tensione. Per quanto riguarda la previsione delle emissioni dovute ad altri sotto-sistemi (nello specifico, trasformatori di tensione), una previsione accurata richiederebbe l'esatta conoscenza della loro configurazione. Tuttavia è notoriamente appurato che l'induzione magnetica generata è fortemente localizzata attorno al loro involucro e decade rapidamente entro pochi metri. Considerando inoltre che i trasformatori saranno comunque confinati all'interno del traliccio metallico delle torri o all'interno di locali protetti da recinzioni perimetrali poste a debita distanza (ed accessibili solo da personale qualificato ed autorizzato), le loro emissioni possono essere trascurate, in quanto inferiori al prescritto limite dei 10 μT , se non addirittura all'obiettivo di qualità di 3 μT (prescritto in maniera cogente solo per elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere). Si tenga inoltre presente che gli aerogeneratori risulteranno tutti ubicati in zone rurali, lontano da centri abitati, o luoghi soggetti a permanenza superiore alle 4 ore giornaliere. Inoltre, nel caso del trasformatore MT/AT della stazione di elevazione del parco, questa, oltre ad essere al centro di una zona recintata di circa 46,5×19,5 m (molto lontana di centri abitati), risulta adiacente alla Cabina Primaria Enel di consegna, dove transitano gli esistenti elettrodotti aerei AT (132 kV), ed a maggior ragione le sue emissioni possono dunque essere trascurate.

L'algoritmo di simulazione, utilizzato per la previsione del campo elettrico e del campo magnetico generato dalle linee elettriche, è basato su metodologie note in letteratura scientifica:

1. i conduttori sono assunti di lunghezza infinita, rettilinei e paralleli tra loro. Questa ipotesi riguarda sia i conduttori attivi, cioè sotto tensione e/o percorsi da corrente, sia i conduttori di guardia, a potenziale di terra e non percorsi da corrente);
2. i conduttori sono considerati a sezione circolare con diametro costante;
3. il suolo è considerato piano e conduttore elettrico perfetto per il campo elettrico;
4. il suolo è considerato completamente trasparente per il campo magnetico.

Con queste ipotesi semplificative (che tuttavia non inficiano l'accuratezza dei risultati numerici), il problema è ridotto ad un semplice problema bidimensionale. Questo approccio fornisce nei casi di interesse pratico una predizione con un errore inferiore al 10%.

Per minimizzare l'emissione da parte delle linee interrate, nella realtà i tre conduttori dei cavi sono disposti a 'trifoglio' ed avvolti ad elica. In questo caso, il calcolo dell'induzione magnetica eseguito con il modello adottato (conduttori paralleli non avvolti) risulterà significativamente peggiorativo rispetto al caso reale (condizione cautelativa).

Per quanto riguarda il campo elettrico, tutti i cavi MT saranno dotati di schermo metallico e di relativo sistema di messa terra, in modo tale da ridurre praticamente ad un livello trascurabile il campo elettrico residuo.

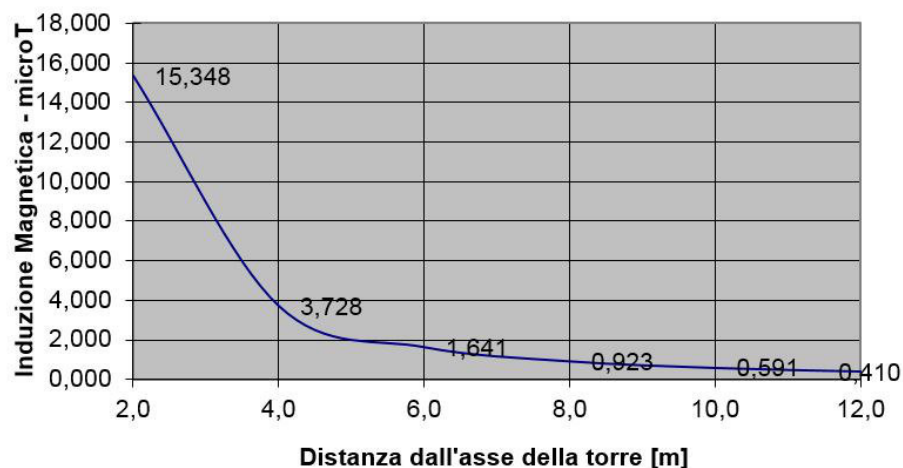
4.3 Simulazioni numeriche delle emissioni

Aerogeneratori

L'emissione elettromagnetica da parte degli aerogeneratori è dovuta ai cavi tripolari di potenza, che scendono all'interno delle torri, e ai trasformatori BT/MT. Poiché i cavi saranno contenuti all'interno di un canale metallico collegato all'impianto di messa a terra, la componente elettrica del campo viene praticamente resa trascurabile. Per quanto riguarda invece la componente magnetica, la corrente dei cavi di potenza genera un campo magnetico, la cui intensità decade velocemente all'aumentare della distanza dalla torre dell'aerogeneratore.

Malgrado quanto sopra, a titolo precauzionale, è stato tuttavia calcolata la distribuzione di induzione magnetica che si genera attorno a ciascun aerogeneratore a causa della corrente dei cavi tripolari di discesa. La formazione dei cavi di bassa tensione (690V) che scende dalla navicella è $4 \times 3 \times 630 \text{ mm}^2$, con corrente di 3100 A per fase.

Il corrispondente andamento previsto dell'induzione magnetica in prossimità della torre è il seguente:

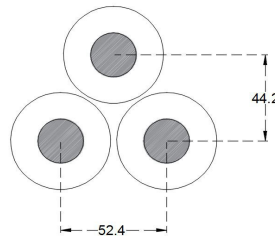


Tenendo conto del diametro della torre (4,20 m), si ottengono valori di induzione magnetica inferiori ai 10 μT già ad 1 m di distanza dal perimetro della torre ed inferiori ai 3 μT a circa 5 m dall'asse, ovvero a circa 3 m di distanza dal perimetro.

Il campo magnetico generato dal trasformatore BT/MT è dovuto al flusso disperso del trasformatore stesso. Questo è un campo fortemente localizzato, e decresce rapidamente con l'aumento della distanza dalla sorgente. Per le emissioni elettromagnetiche complessive degli aerogeneratori si rimanda alla documentazione di conformità degli apparati alle normative europee, in tema di compatibilità elettromagnetica.

Linee elettriche MT interrate

I cavi delle linee elettriche di media tensione interrate hanno una disposizione a trifoglio, con avvolgimento ad elica. La geometria della sezione trasversale è la seguente:



Nel caso di più linee tripolari all'interno dello stesso scavo, queste sono posati sullo stesso piano (fondo scavo), con interasse fra le singole linee di 0,30 m.

Poiché le relazioni di fase fra le correnti di cavi diversi non sono note, il calcolo viene effettuato considerando alcune combinazioni e prendendo precauzionalmente il risultato più elevato.

Ulteriore ipotesi che viene fatta nel modello è che il terreno sia localmente piano e con pendenza nulla.

Ciascun aerogeneratore ha una potenza nominale di 3.600 kW. Il valore efficace della corrente di fase su ciascun conduttore della linea MT in uscita da ogni aerogeneratore è data dalla relazione:

$$I = \frac{P}{V\sqrt{3}} = 69,28 A$$

Tuttavia, a titolo estremamente cautelativo ai fini del calcolo delle emissioni elettromagnetiche, ci poniamo nella più che sfavorevole ipotesi di una situazione di esercizio con fattore di potenza pari a 0,90 (anziché il nominale $\cos\phi$ di lavoro pari ad 1).

$$I = \frac{P}{V \cos\phi \sqrt{3}} = \frac{3600}{30 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{3}} = 76,98 A$$

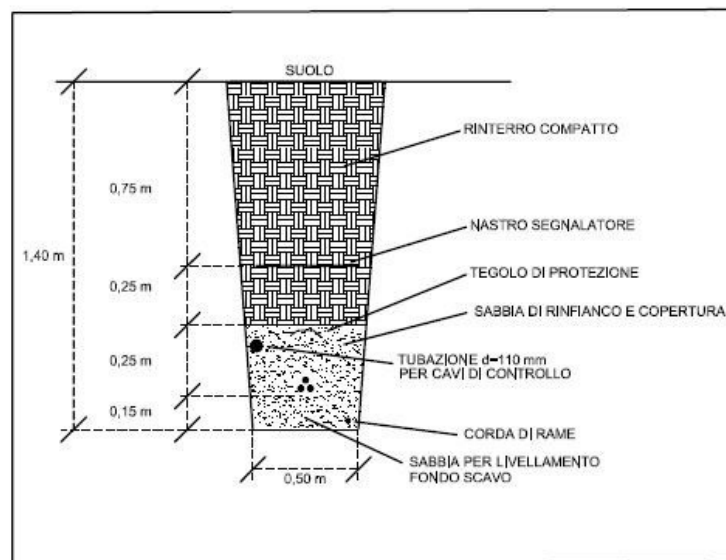
I contributi di corrente si sommano lungo le linee che collegano fra loro gli aerogeneratori di ogni settore.

Nella succitata condizione estremamente cautelativa ai fini del calcolo delle emissioni elettromagnetiche, sulle linee di collegamento di ogni settore si hanno le seguenti correnti massime di linea:

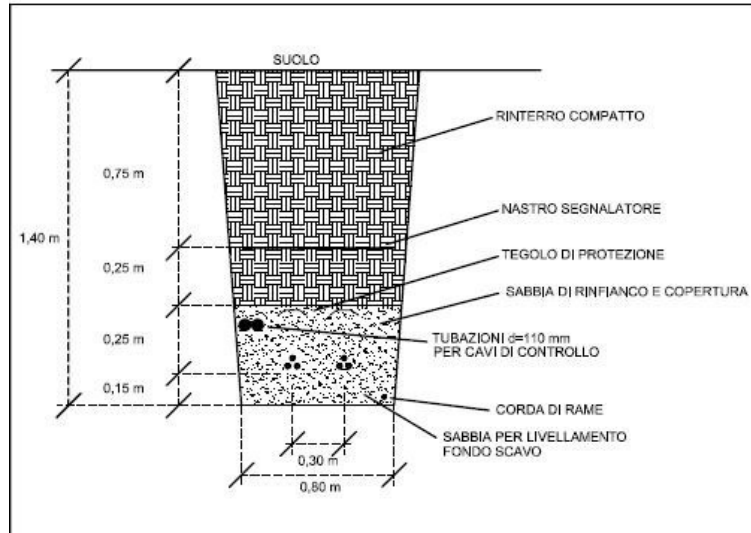
- Linea settore 1 (n. 5 aerogeneratori) → 384,90 A
- Linea settore 2 (n. 4 aerogeneratori) → 307,92 A
- Linea settore 3 (n. 4 aerogeneratori) → 307,92 A

I cavi MT dei vari settori per alcuni tratti corrono affiancati all'interno dello stesso scavo, posati sul fondo dello stesso. Il calcolo dell'induzione magnetica viene effettuato in corrispondenza delle seguenti sezioni di riferimento:

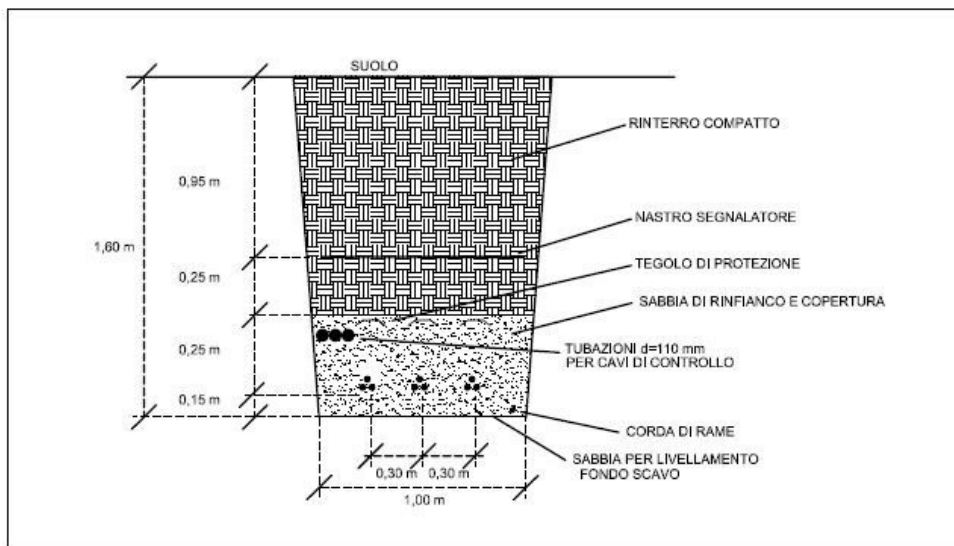
PARTICOLARE SEZIONE DI SCAVO - TRATTA CON N.1 CAVO MT



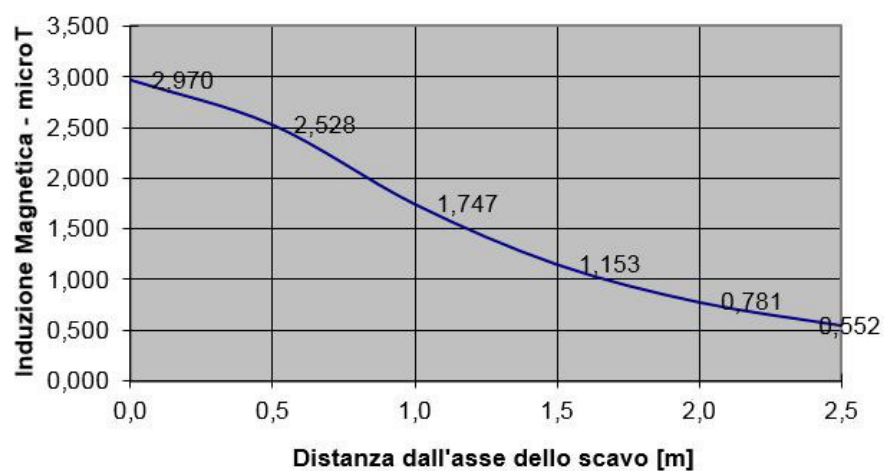
PARTICOLARE SEZIONE DI SCAVO - TRATTA CON N.2 CAVI MT



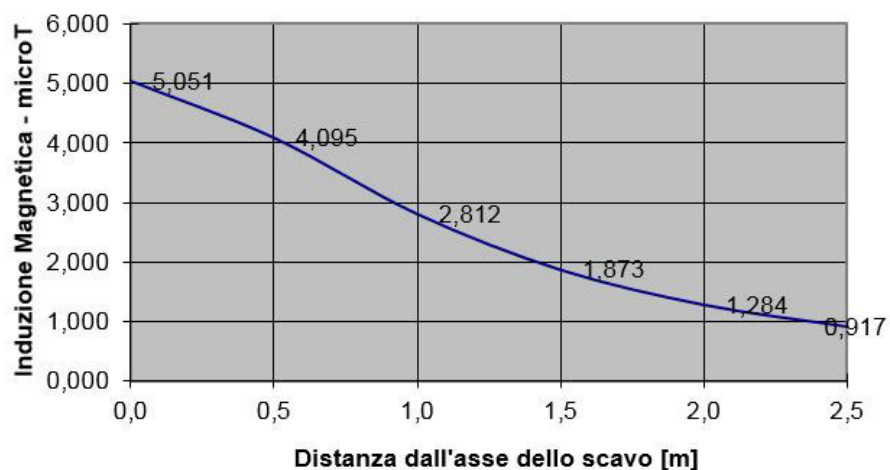
PARTICOLARE SEZIONE DI SCAVO - TRATTA CON N.3 CAVI MT



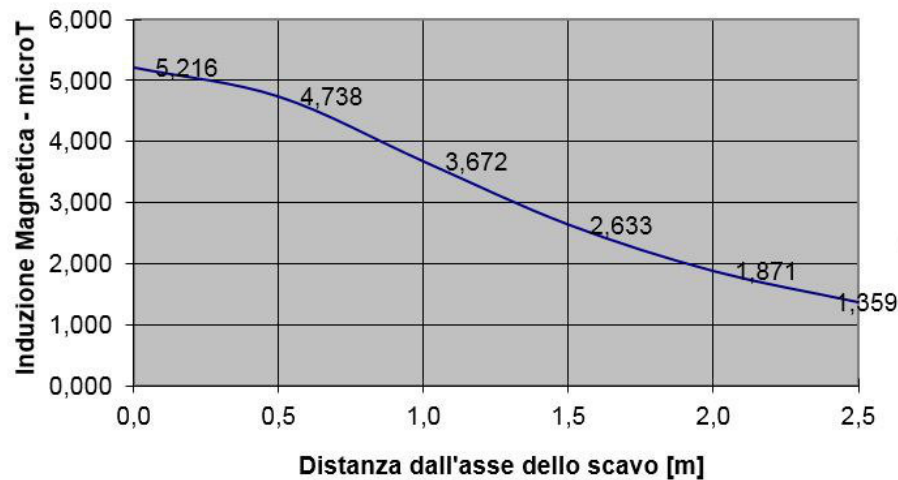
Riportiamo di seguito gli andamenti dell'induzione magnetica previsti a livello del suolo, relativamente alle tre sezioni trasversali di riferimento:



Induzione magnetica al suolo per tratta di cavidotto MT con n.1 linea



Induzione magnetica al suolo per tratta di cavidotto MT con n.2 linee



Induzione magnetica al suolo per tratta di cavidotto MT con n.3 linee

In tutti e tre i casi, si ricavano valori di induzione magnetica inferiori al prescritto limite dei 10 μ T, se non addirittura ai 3 μ T, comunque raggiunto anche nel caso più gravoso di cavidotto con n.3 linee MT, già spostandosi dall'asse dello stesso di 1,5 m.

In presenza di situazioni di interferenza del cavidotto con sottoservizi pubblici o altre situazioni che non consentono di mantenere le sezioni di scavo di riferimento, saranno adottate le seguenti strategie, al fine di garantire il rispetto dei limiti prescritti dalla normativa vigente di cui sopra:

- Ove possibile, aumento della profondità di scavo per sottopassaggio dell'interferenza. Tale soluzione consentirà di risolvere la discontinuità del percorso senza alcuna necessità di porre in essere opere di schermatura del campo magnetico, in quanto di per se già una mitigazione del campo al suolo (aumento della distanza fra il piano di posa dei cavi e la superficie).
- Ove sia indispensabile ridurre o portare in superficie i cavi, saranno poste in essere idonee opere di schermatura che, a seconda del caso specifico, saranno una o più delle seguenti combinazioni:
 - canali schermanti chiusi (canali+coperchio) costituiti da triplice strato metallico (permeabile-altamente permeabile-conduttivo) a doppia azione schermante (confinamento e abbattimento);
 - realizzazione di loop passivi classici e/o ad elevato accoppiamento magnetico (mediante inserzione di nuclei magnetici di accoppiamento fra i loop ed i cavi), per la cancellazione della sorgente (abbattimento).

5. CONCLUSIONI

Sulla base delle simulazioni numeriche effettuate, si ricava che le installazioni funzionali all'esercizio del Parco Eolico soddisfano i criteri definiti dalla L. 36/2001, dal D.P.C.M. 08/07/2003 e dal Decreto 29 Maggio 2008.