

Comune
di Monterenzio



Regione Emilia-Romagna



Città Metropolitana di
Bologna



Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

PARCO LION STONE

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

PELI-P66

ID PROGETTO:	PELI-P	DISCIPLINA:	C	TIPOLOGIA:	RT	FORMATO:	A4
--------------	---------------	-------------	----------	------------	-----------	----------	-----------

Elaborato:

**(R)-ELABORATI TECNICO DESCRITTIVI
RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

FOGLIO:	1 di 35	SCALA:	-	Nome file:	PELI-P66-0
---------	----------------	--------	----------	------------	-------------------

Progettazione:



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

Progettisti:

(Ing. Mariano Galbo)



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	03/2024	PRIMA EMISSIONE	VF	MG	EG

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1 IN AMBITO INTERNAZIONALE E COMUNITARIO.....	4
2.2 IN AMBITO NAZIONALE.....	5
2.3 IN AMBITO REGIONALE.....	6
2.4 ELETTRODOTTI, LINEE ELETTRICHE, EDIFICI CONSEGNA E STAZIONE.....	6
2.5 NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	9
3. IL SITO	10
4. FONTI DI EMISSIONE	13
5. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO	14
2.1 VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO.....	14
2.2 VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO.....	14
6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI	15
2.3 CAVI POSA ELICORDATA SEZIONE 185-300 MM ²	15
2.4 CAVI POSA A TRIFOGLIO SEZIONE 630 MM ²	16
2.4.1 Caso A – 1 terna di cavi.....	17
2.4.2 Caso B – 2 terne di cavi.....	20
2.4.3 Caso C – 3 terne di cavi.....	24
2.5 RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI.....	28
7. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI	29
8. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALL'EDIFICIO CONSEGNA	30
9. CONCLUSIONI	31
10. ALLEGATO A: DPA ELETTRODOTTI	32

1. PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Lion Stone" composto da 7 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 50,4 MW, ubicato nel comune di Monterenzio (BO) e proposto dalla società RWE Renewables Italia S.r.l., con sede legale in Via Andrea Doria, n.41/G, 00192 Roma.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 7,2 MW, con diametro rotore fino a 172 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto. Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori sono *la Collina del Falchetto (PELI-01, PELI-02, PELI-03) e Monte Renzio (PELI-04, PELI-05, PELI-06, PELI-07)*.

Oltre che dagli aerogeneratori e opere civili connesse, il parco eolico si compone delle seguenti infrastrutture elettriche:

- *cavidotto interno: sistema di cavidotti interrati 36 kV di collegamento tra gli aerogeneratori*
- *cavidotto esterno: cavo 36kV di collegamento tra la cabina utente 36 kV e lo stallo di arrivo produttore a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) 380/36 kV della RTN.*
- *edificio di consegna (cabina utente 36 kV).*

La STMG (Cod. pratica202202256 del 27 06 2023) prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) 380/36 kV della RTN da inserire in entrata – esce alla direttrice "Calenzano - S. Benedetto del Querceto - Colunga", previa realizzazione dell'intervento 302-P previsto dal Piano di Sviluppo di Terna.

Pertanto, le opere di connessione alla RTN prevedono la realizzazione dell'impianto di rete per la connessione consistente nella costruzione di una nuova Stazione Elettrica (SE) 36-380 kV, ubicata nel comune di Monterenzio, con raccordo AT in aereo sulla nuova Linea area a 380kV Colunga-Calenzano

La progettazione dell'impianto di rete per la connessione è in carico ad altro produttore avente ruolo di capofila nei confronti di Terna S.p.A; pertanto, il Piano Tecnico delle Opere (PTO) di rete per la connessione sarà condiviso a seguito dell'ottenimento del parere positivo sulla rispondenza ai requisiti tecnici del Codice di Rete ("Benestare").

Il seguente documento riporta la relazione sull'impatto elettromagnetico.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

2.1 IN AMBITO INTERNAZIONALE E COMUNITARIO

- il Libro Bianco della Comunità Europea (novembre 1997): "Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili";
- il "Protocollo di Kyoto per la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti climatici", Giappone, 11 dicembre 1997 e la legge 1/6/2002, n. 120 concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo del 1997;
- la Posizione Comune (CE) n. 18/2001 definita dal Consiglio il 23 marzo 2001 e pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea del 15 maggio 2001;
- l'Accordo di Bonn del luglio 2001, che stabilisce le regole per l'attuazione del protocollo di Kyoto;
- la Direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio, inerente alla promozione dell'energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità;
- la Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2002, sul rendimento energetico nell'edilizia;
- la Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia;
- il Regolamento (CE) n.1099/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alle statistiche dell'energia;
- la Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili;
- la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia;
- Pacchetto clima energia 20-20-20 contenuto nella Direttiva 2009/29/CE;
- Strategie dell'Unione Europea di cui alle comunicazioni n. 80, 81 e 82 del 2015;
- Nuovo pacchetto approvato il 16/02/2016 a seguito della firma dell'Accordo di Parigi
- (COP21) il 12/12/2015;
- Tabella di marcia per l'energia 2050(COM(2011)0885);
- Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al 2030
- (COM(2014)0015);
- Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici del 2021, nota come COP26, svoltasi a Glasgow dal 31 ottobre al 12 novembre 2021.

2.2 IN AMBITO NAZIONALE

- Piano Nazionale di Rilancio e Resilienza di cui al Decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77;
- Legge 17 luglio 2020, n. 77 Conversione in legge, con modificazioni, del DL 34/2020 (cd. "Rilancio") recante misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da Covid-19;
- Decreto Legislativo n. 76 del 16 luglio 2020, Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale ("Decreto Semplificazioni") - Stralcio - Misure in materia di appalti, edilizia, semplificazione amministrativa, valutazione di impatto ambientale (VIA), bonifica dei siti inquinati;
- Decreto Legislativo n. 73 del 14 luglio 2020, Attuazione della direttiva 2018/2002/UE che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica;
- Piano nazionale integrato per l'energia e il clima - Testo definitivo del 21 gennaio 2020 e trasmesso alla Commissione europea;
- Decreto Legislativo n. 162 del 30 dicembre 2019, Decreto "milleproroghe" 2019 - Stralcio - Disposizioni in materia di ambiente, energia, territorio, riorganizzazione del Gestore dei servizi energetici (GSE);
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 4 luglio 2019 - Disciplina degli incentivi all'energia elettrica prodotta dagli impianti eolici on shore, solari fotovoltaici, idroelettrici e a gas residuati dei processi di depurazione;
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 2 maggio 2018 - Banca dati GSE incentivi per energie rinnovabili ed efficienza energetica - Modalità di gestione dei flussi informativi;
- Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, presentata al Consiglio dei ministri il 2 ottobre 2017 e approvata dal CIPE il 22 dicembre 2017;
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 10 novembre 2017 - Adozione della Strategia Energetica Nazionale 2017.
- Decreto Legislativo n. 104 del 16 giugno 2017 - Attuazione della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, che modifica la direttiva 2011/92/UE, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, ai sensi degli articoli 1 e 14 della legge 9 luglio 2015, n. 114;
- Legge n. 124 del 7 agosto 2015 (Legge Madia di Riforma della PA) - Deleghe al Governo in materia di riorganizzazione delle amministrazioni pubbliche”;
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 23 giugno 2016 - Incentivazione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili diverse dal fotovoltaico;
- Piano Nazionale di riduzione delle emissioni di gas serra approvato con delibera CIPE dell'8 marzo 2013;
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 6 luglio 2012 - Incentivi per le energie da fonti rinnovabili non fotovoltaiche di cui all'articolo 3, comma 3, del decreto legislativo n.

28 del 2011;

- Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE";
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" - Linee guida per il procedimento di cui all'articolo 12 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili, nonché linee guida tecniche per gli impianti stessi;
- Decreto Legislativo del 28 giugno 2010, n. 128 - Modifiche ed integrazioni al D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - cd "Correttivo Aia-Via-Ippc";
- Decreto Legislativo del 16 gennaio 2008, n. 4 - Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante "Norme in materia ambientale";
- Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n.152 - Norme in materia ambientale;
- Decreto Legislativo del 29 dicembre 2003 n.387 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione della energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità;
- Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità emanato con D.P.R. 8/1/2001, n. 327 e s.m.i.

2.3 IN AMBITO REGIONALE

- Delibera dell'Assemblea legislativa n. 51 del 26 luglio 2011
Individuazione delle aree e dei siti per l'installazione di impianti di produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili eolica, da biogas, da biomasse e idroelettrica

2.4 ELETTRODOTTI, LINEE ELETTRICHE, EDIFICI CONEGNA E STAZIONE

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15

- marzo 1997, n. 59”;
- Norma CEI 211-4/1996 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
 - Norma CEI 211-6/2001 “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”;
 - Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
 - Norma CEI 11-17/2006 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo”;
 - DM 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
 - Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
 - Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
 - Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
 - Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
 - Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
 - Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
 - Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
 - Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
 - Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
 - Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
 - Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
 - Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
 - Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
 - Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
 - Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
 - Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
 - Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
 - Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente

- incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
 - Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
 - Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
 - Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
 - Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
 - Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
 - Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
 - Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
 - Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
 - Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
 - Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
 - Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
 - Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
 - Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
 - Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
 - Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;
 - Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
 - Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori ed equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
 - Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
 - Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
 - Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
 - Norma CEI EN 61400 Sistemi di generazione a turbina eolica;
 - Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
 - Guida Terna. INSIX1016 Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT;
 - Guida Terna DRRPX04042 Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV;
 - Guida Terna DRRPX02003 Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV;
 - Guida Terna DRRPX03048 Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

2.5 **NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI**

- 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. IL SITO

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori sono la Collina del Falchetto (PELI-01, PELI-02, PELI-03), Monte Renzio (PELI-04, PELI-05, PELI-05, PELI-06, PELI-07).

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere:

IGM 25 K:

- 238_SO
- 238_NO

CTRN 10K WGS84:

- 238060
- 238100

Fogli Catastali del Comune di Monterenzio (BO)

- Fogli catastali n. 32, 35, 41, 54, 64, 68, 70

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 32 WGS84 degli aerogeneratori:

NOME	EST	NORD	Riferimenti catastali
PELI-01	696354,00	4907612,00	Monterenzio Foglio 54, p.lla: 29
PELI-02	696900,00	4907182,00	Monterenzio Foglio 68, p.lla: 10
PELI-03	697525,00	4906205,00	Monterenzio Foglio 70, p.lla: 37
PELI-04	694814,00	4910190,00	Monterenzio Foglio 35, p.lla: 21
PELI-05	693483,00	4910059,00	Monterenzio Foglio 32, p.lla: 70
PELI-06	693560,00	4908844,00	Monterenzio Foglio 41, p.lla: 68
PELI-07	693427,00	4906754,00	Monterenzio Foglio 64, p.lla: 7

Tabella 1 - Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 32 WGS84

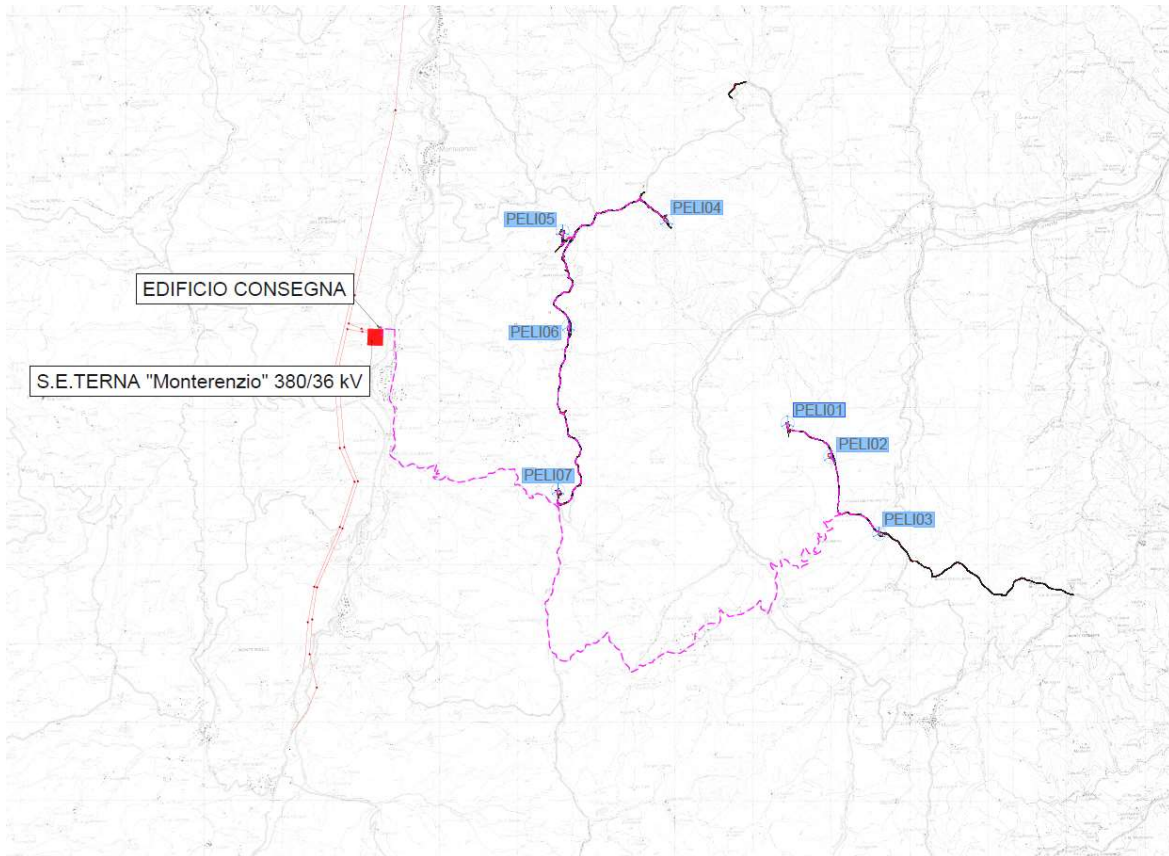


Figura 1 - Inquadramento impianto su IGM 1:25.000



Figura 2 - Inquadramento impianto su CTR 1:10.000

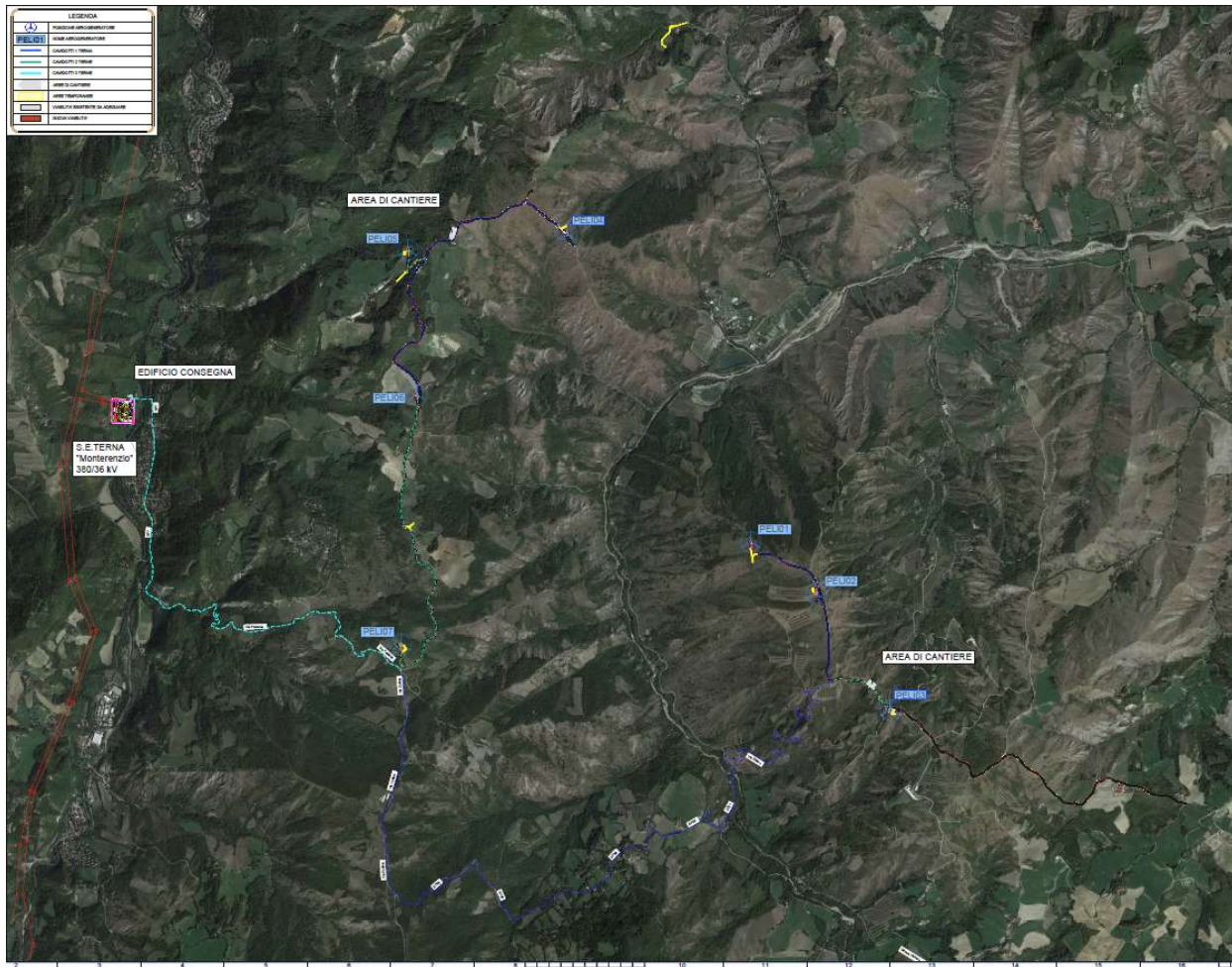


Figura 3 - Inquadramento impianto su ortofoto

4. 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:

- i generatori eolici.
- i quadri elettrici nella sala quadri a 36kV dell'edificio Consegna;
- tutte le linee elettriche a servizio dell'impianto:
- elettrodotto a 36 kV di interconnessione fra gli aerogeneratori;
- elettrodotto a 36 kV di vettoriamento dell'energia prodotta dai sottocampi verso la SE Terna 380/36 KV "Monterenzio";

La fonte di campo elettromagnetico identificata con le linee elettriche aeree in AT, di connessione tra la SE e la Rete di Trasmissione Nazionale, è stata analizzata nel Progetto elettrico per l'ottenimento del benessere 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.

5. 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.

2.1 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)

Tabella 2 -

2.2 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.

6. 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 300 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	36 kV	36 kV	36 kV
Sezione (mm²)	185	300	630
Tipo posa	Cordato a elica visibile	Cordato a elica visibile	Trifoglio
Profondità posa (m)	1,10	1,10	1,10

Tabella 3 -

2.3 CAVI POSA ELICORDATA SEZIONE 185-300 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 le 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 a 36kV in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);*

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze 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 36kV 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 185 – 300 mm².

Il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 185 –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.

2.4 CAVI POSA A TRIFOGLIO SEZIONE 630 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 a 36kV posata a trifoglio;
- CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi a 36kV posata a trifoglio;
- CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 3 terne cavi a 36kV posata a trifoglio;

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 630 mm², della tipologia ARE4H5E 36kV 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.

2.4.1 Caso A – 1 terna di cavi

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di media tensione posati a trifogli, 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.

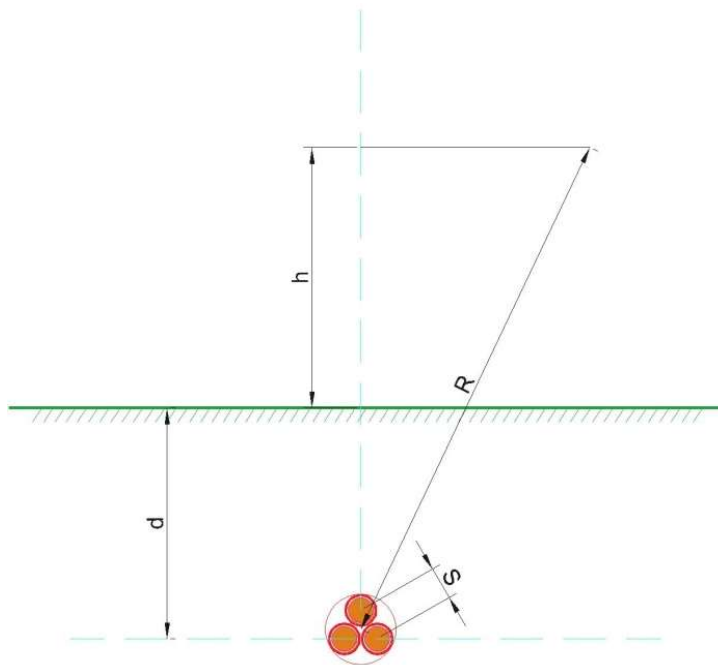


Figura 4 –

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 [μT] 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].

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	622 A
Portata cavo corretta	580 A

Tabella 4 -

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.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 5.2 della relazione elettrica PELI-P02-0, 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 [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	0,081642	0,079845	0,077769	0,075462	0,072975
-9,50	0,090051	0,08787	0,085362	0,082591	0,079621
-9,00	0,099804	0,097131	0,094076	0,090722	0,087151
-8,50	0,111195	0,107888	0,104132	0,100038	0,095713
-8,00	0,124605	0,120467	0,115803	0,110762	0,105485
-7,50	0,140525	0,135284	0,129429	0,123165	0,116674
-7,00	0,1596	0,152873	0,14544	0,137576	0,129528
-6,50	0,182688	0,173928	0,16437	0,154396	0,144332
-6,00	0,210943	0,19935	0,186894	0,174106	0,161413
-5,50	0,245938	0,230322	0,213854	0,197274	0,181135
-5,00	0,289841	0,268395	0,246294	0,224558	0,20388
-4,50	0,34567	0,315595	0,285473	0,256676	0,230011
-4,00	0,417649	0,374527	0,332847	0,294345	0,259806
-3,50	0,511658	0,448407	0,389946	0,338129	0,293332
-3,00	0,635662	0,540877	0,458045	0,388171	0,330268
-2,50	0,799646	0,655206	0,537467	0,443739	0,369654
-2,00	1,013582	0,792214	0,626321	0,502608	0,409622
-1,50	1,279914	0,946085	0,718737	0,560436	0,447231
-1,00	1,575642	1,098483	0,803414	0,610618	0,47862
-0,50	1,829233	1,216009	0,864526	0,645286	0,499661
0,00	1,932931	1,26098	0,887016	0,657733	0,507092
0,50	1,829233	1,216009	0,864526	0,645286	0,499661
1,00	1,575642	1,098483	0,803414	0,610618	0,47862
1,50	1,279914	0,946085	0,718737	0,560436	0,447231
2,00	1,013582	0,792214	0,626321	0,502608	0,409622
2,50	0,799646	0,655206	0,537467	0,443739	0,369654
3,00	0,635662	0,540877	0,458045	0,388171	0,330268

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]
3,50	0,511658	0,448407	0,389946	0,338129	0,293332
4,00	0,417649	0,374527	0,332847	0,294345	0,259806
4,50	0,34567	0,315595	0,285473	0,256676	0,230011
5,00	0,289841	0,268395	0,246294	0,224558	0,20388
5,50	0,245938	0,230322	0,213854	0,197274	0,181135
6,00	0,210943	0,19935	0,186894	0,174106	0,161413
6,50	0,182688	0,173928	0,16437	0,154396	0,144332
7,00	0,1596	0,152873	0,14544	0,137576	0,129528
7,50	0,140525	0,135284	0,129429	0,123165	0,116674
8,00	0,124605	0,120467	0,115803	0,110762	0,105485
8,50	0,111195	0,107888	0,104132	0,100038	0,095713
9,00	0,099804	0,097131	0,094076	0,090722	0,087151
9,50	0,090051	0,08787	0,085362	0,082591	0,079621
10,00	0,081642	0,079845	0,077769	0,075462	0,072975

Tabella 5 -

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.

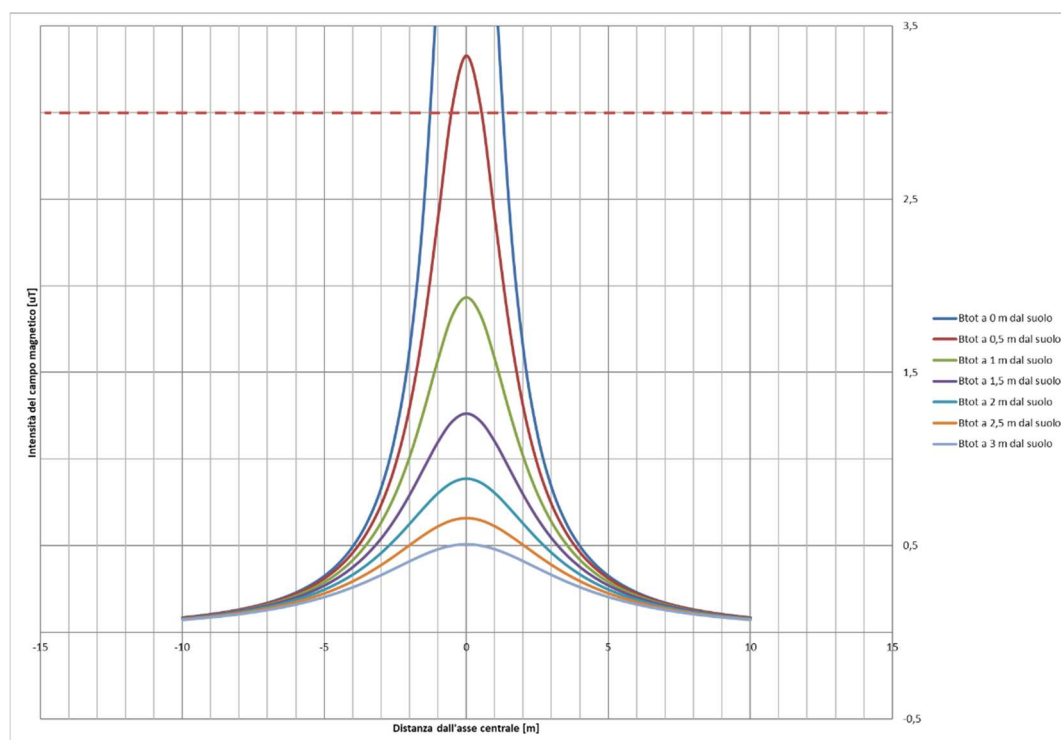


Figura 5 -

Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μ T, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale a 1 m dal piano di calpestio, pari a 1,93 μ T, inferiore al limite fissato.

Per il caso A in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di

esposizione pari a $100 \mu\text{T}$ lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

2.4.2 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.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

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 da un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.

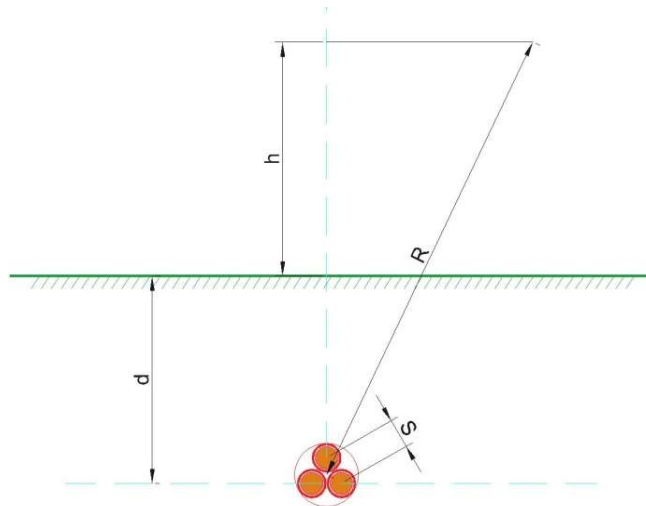


Figura 1

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 [μT] 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:

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

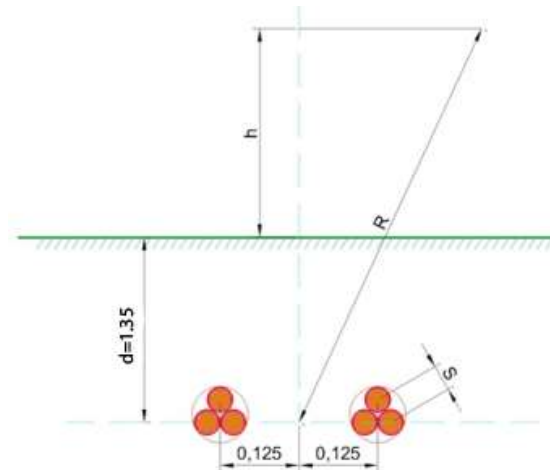


Figura 2

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specifica 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	622 A
Portata cavo corretta	525 A

Tabella 6

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 630 mm².

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 5.2 della relazione elettrica PELI-P02-0, 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 [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	0,147863	0,144605	0,140841	0,136661	0,132153
-9,50	0,163099	0,159144	0,154597	0,149575	0,144191
-9,00	0,180771	0,175925	0,170386	0,164305	0,157831
-8,50	0,201415	0,195417	0,188605	0,181182	0,173342
-8,00	0,225719	0,218212	0,209753	0,200612	0,191044
-7,50	0,254576	0,245066	0,234446	0,223084	0,211315
-7,00	0,289156	0,276949	0,263461	0,249196	0,2346
-6,50	0,331019	0,315116	0,297769	0,279674	0,261419
-6,00	0,382259	0,361205	0,338592	0,315387	0,292363
-5,50	0,445734	0,417362	0,387459	0,357367	0,328088
-5,00	0,525382	0,486401	0,446257	0,406801	0,369285
-4,50	0,626688	0,571997	0,517268	0,464987	0,416608
-4,00	0,757326	0,678866	0,60312	0,533213	0,470551
-3,50	0,927965	0,812825	0,706563	0,612487	0,531228
-3,00	1,153026	0,98042	0,82987	0,703042	0,598042
-2,50	1,450487	1,187459	0,973552	0,803517	0,669239
-2,00	1,838003	1,435191	1,134083	0,909845	0,741427
-1,50	2,318979	1,712731	1,300747	1,014156	0,809292
-1,00	2,850293	1,98669	1,453122	1,104546	0,865878
-0,50	3,302836	2,197196	1,562864	1,166914	0,90378
0,00	3,486917	2,277544	1,603198	1,18929	0,91716
0,50	3,302836	2,197196	1,562864	1,166914	0,90378
1,00	2,850293	1,98669	1,453122	1,104546	0,865878
1,50	2,318979	1,712731	1,300747	1,014156	0,809292
2,00	1,838003	1,435191	1,134083	0,909845	0,741427
2,50	1,450487	1,187459	0,973552	0,803517	0,669239
3,00	1,153026	0,98042	0,82987	0,703042	0,598042

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]
3,50	0,927965	0,812825	0,706563	0,612487	0,531228
4,00	0,757326	0,678866	0,60312	0,533213	0,470551
4,50	0,626688	0,571997	0,517268	0,464987	0,416608
5,00	0,525382	0,486401	0,446257	0,406801	0,369285
5,50	0,445734	0,417362	0,387459	0,357367	0,328088
6,00	0,382259	0,361205	0,338592	0,315387	0,292363
6,50	0,331019	0,315116	0,297769	0,279674	0,261419
7,00	0,289156	0,276949	0,263461	0,249196	0,2346
7,50	0,254576	0,245066	0,234446	0,223084	0,211315
8,00	0,225719	0,218212	0,209753	0,200612	0,191044
8,50	0,201415	0,195417	0,188605	0,181182	0,173342
9,00	0,180771	0,175925	0,170386	0,164305	0,157831
9,50	0,163099	0,159144	0,154597	0,149575	0,144191
10,00	0,147863	0,144605	0,140841	0,136661	0,132153

Tabella 7

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.

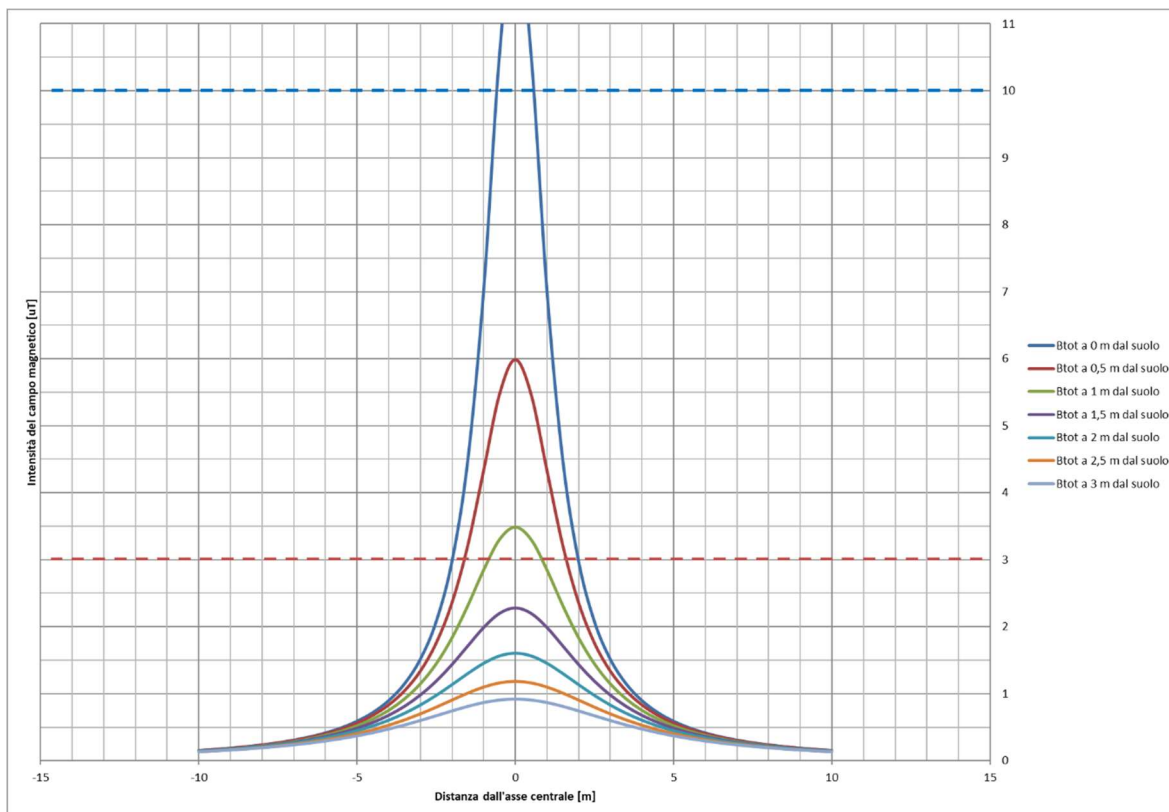


Figura 3

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μ T, si

rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1 m dal piano di calpestio, pari a $3,49 \mu\text{T}$, 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 $1,00 \text{ m}$, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,85 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 2 terne (caso B), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di $2,0 \text{ m}$, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a $1,00 \text{ m}$), 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.

2.4.3 Caso C – 3 terne di cavi

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da tre terne di cavi.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle 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:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2}$$

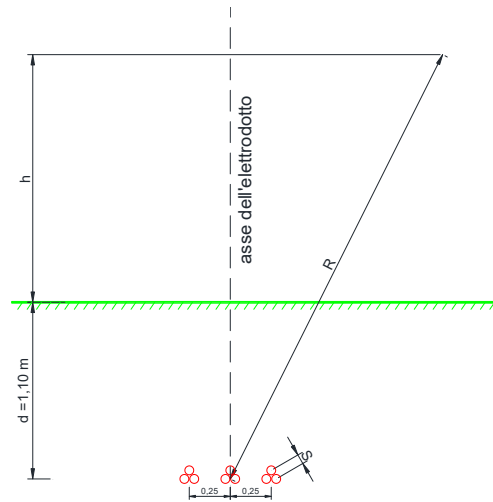


Figura 4

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terni di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specifica della terna i -esima). 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	-0,250 m
distanza terna 2 dall'asse y	0 m
distanza terna 3 dall'asse y	+ 0,250 m
Sezione terne	3x1x630 mm ²
Portata cavo nominale	622 A
Portata cavo corretta	495 A

Tabella 8

Ai fini del calcolo relativo a tre terni di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso della compresenza nello stesso scavo di tre terni di cavi della sezione di 630 mm². Infatti, in questo le nostre tre terni sono composte da 1x1x630 mm² e 2x1x300 mm².

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di

cui al paragrafo 5.2 della relazione elettrica PELI-P02-0, 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 [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	0,209268	0,204649	0,199315	0,193391	0,187003
-9,5	0,230847	0,22524	0,218794	0,211675	0,204046
-9	0,25588	0,249007	0,241152	0,232532	0,223356
-8,5	0,285127	0,276618	0,266957	0,256431	0,245317
-8	0,319565	0,308912	0,296911	0,283946	0,270379
-7,5	0,360462	0,346962	0,331891	0,315772	0,299081
-7	0,409483	0,392145	0,372997	0,352755	0,332051
-6,5	0,468841	0,446244	0,421608	0,395923	0,370024
-6,00	0,541518	0,511585	0,479456	0,446508	0,413836
-5,50	0,631576	0,591213	0,548706	0,505967	0,464414
-5,00	0,744622	0,689123	0,632032	0,575978	0,522727
-4,50	0,888458	0,810527	0,732657	0,658366	0,589693
-4,00	1,073998	0,9621	0,854282	0,754934	0,665993
-3,50	1,316391	1,152047	1,000756	0,867073	0,751767
-3,00	1,636035	1,389525	1,175198	0,995049	0,846136
-2,50	2,058109	1,682476	1,378166	1,136858	0,946581
-2,00	2,606619	2,032109	1,604433	1,286659	1,048283
-1,50	3,283988	2,422214	1,838633	1,433297	1,143743
-1,00	4,025853	2,805144	2,051985	1,560068	1,223213
-0,50	4,650803	3,097634	2,205121	1,647356	1,276374
0,00	4,902864	3,208826	2,261284	1,678636	1,295125
0,50	4,650803	3,097634	2,205121	1,647356	1,276374
1,00	4,025853	2,805144	2,051985	1,560068	1,223213
1,50	3,283988	2,422214	1,838633	1,433297	1,143743
2,00	2,606619	2,032109	1,604433	1,286659	1,048283
2,50	2,058109	1,682476	1,378166	1,136858	0,946581
3,00	1,636035	1,389525	1,175198	0,995049	0,846136
3,50	1,316391	1,152047	1,000756	0,867073	0,751767
4,00	1,073998	0,9621	0,854282	0,754934	0,665993
4,50	0,888458	0,810527	0,732657	0,658366	0,589693
5,00	0,744622	0,689123	0,632032	0,575978	0,522727
5,50	0,631576	0,591213	0,548706	0,505967	0,464414
6,00	0,541518	0,511585	0,479456	0,446508	0,413836
6,50	0,468841	0,446244	0,421608	0,395923	0,370024
7,00	0,409483	0,392145	0,372997	0,352755	0,332051
7,50	0,360462	0,346962	0,331891	0,315772	0,299081
8,00	0,319565	0,308912	0,296911	0,283946	0,270379
8,50	0,285127	0,276618	0,266957	0,256431	0,245317
9,00	0,25588	0,249007	0,241152	0,232532	0,223356
9,50	0,230847	0,22524	0,218794	0,211675	0,204046
10,00	0,209268	0,204649	0,199315	0,193391	0,187003

Tabella 9

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.

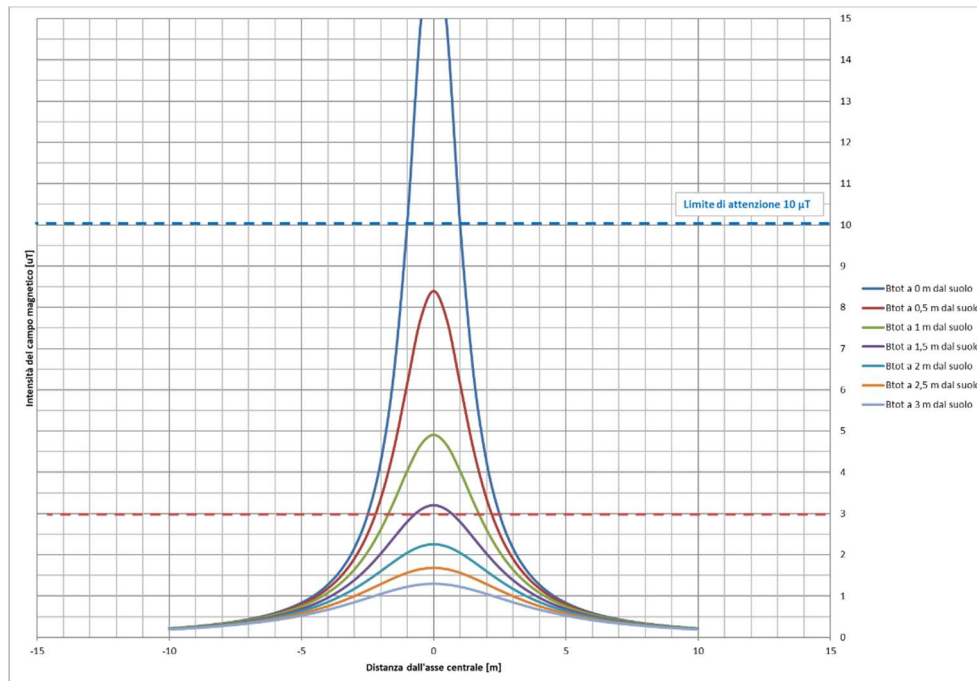


Figura 5

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 1m dal piano di calpestio, pari a $4,90 \mu\text{T}$, 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 2,0 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,61 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 3 terne (caso C), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 4,0 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 2,0 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 transanti 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.

2.5 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 36kV posata a trifoglio;
- CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi 36kV posata a trifoglio;
- CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 3 terne cavi 36kV posata a trifoglio;

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 630 mm^2 , 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	36kV	185 - 300 mm^2	Qualunque	0 m
cavo interrato posa a trifoglio	36 kV	630 mm^2	1 (caso A)	0 m
	36 kV		2 (caso B)	1,0 m
	36 kV		3 (caso C)	2,0 m

Tabella 10

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/36kV.

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 a **114** 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. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALL'EDIFICIO CONSEGNA

L'Edificio è una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di definire la relativa Distanza di Prima Approssimazione (DPA):

- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 36 kV;

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di BT, trasformatori 36kV/BT, apparecchiature in BT, ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

Il gestore di rete 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 a 36KV rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 7 m dal centro sbarre a 36KV.

Sulla base di tali indicazioni normative, sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area dell'edificio e la DPA ricade all'interno dell'area di pertinenza.

9. 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:**

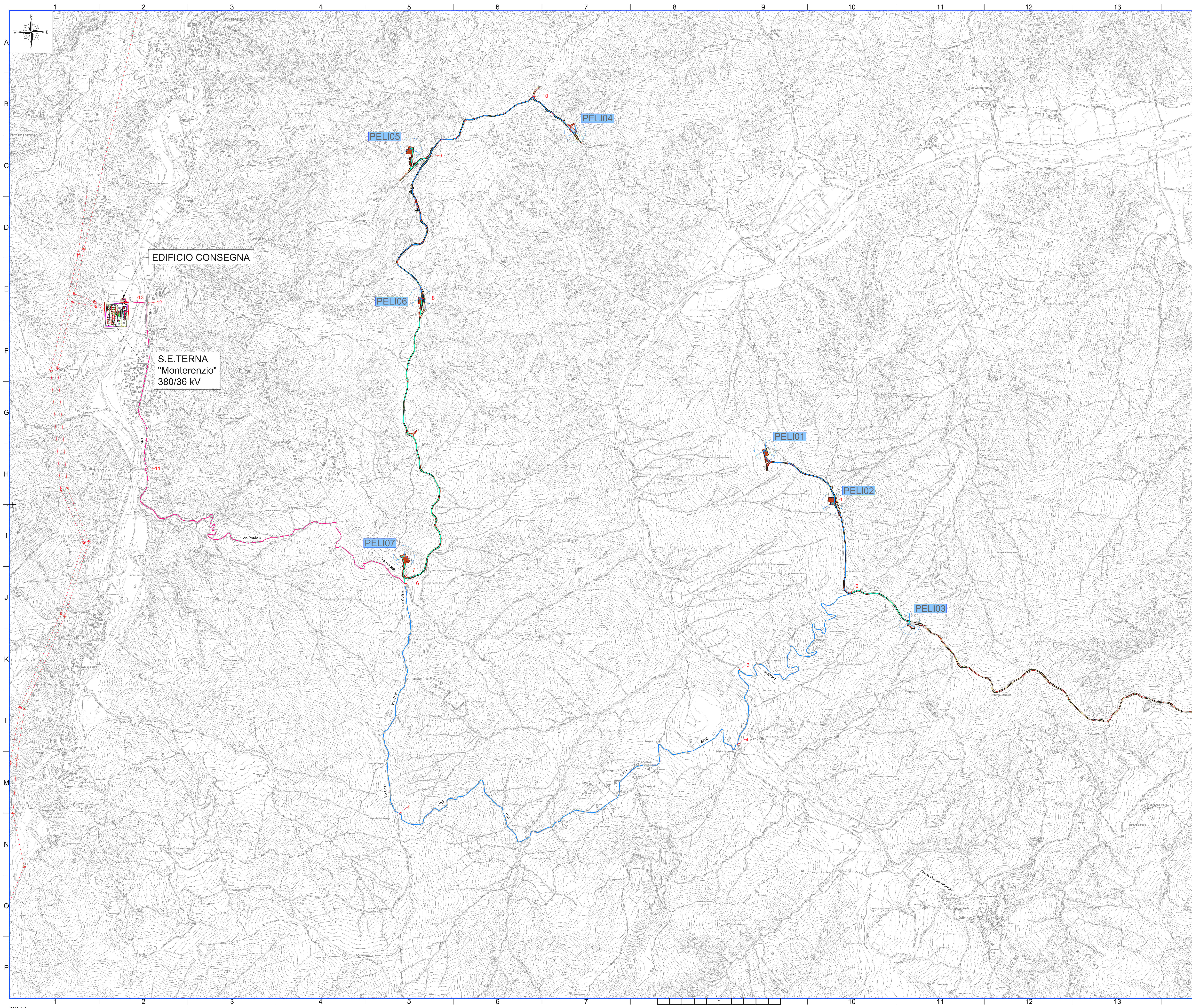
- nel caso di cavi elicordati (sezioni 185-300 mm²) i campi elettromagnetici sono trascurabili, non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto. In questi casi, l'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno della carreggiata stradale lungo la quale giacciono i cavidotti, senza interferenze con luoghi da tutelare.
- nel caso di cavi unipolari posati a trifoglio (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.

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

- **Edificio Consegna:** Per l'edificio si è fatto riferimento al calcolo del campo elettromagnetico dovuto agli elettrodotti in ingresso/uscita allo stesso. La DPA ricade all'interno dell'area di pertinenza.

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.

10. ALLEGATO A: DPA ELETTRODOTTI



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	fascie di rispetto (DPA)
DPA tipo A	cavo posa elicoidata	36 kV	185 mm ² - 300 mm ²	Qualunque	0 m
	cavo posa a trifoglio	36 kV	630 mm ²	1	
DPA tipo B	Cavo posa a trifoglio	36 kV	630 mm ²	2	1,0 m
DPA tipo C	Cavo posa a trifoglio	36 kV	630 mm ²	3	2,0 m



Comitente: **RWE** RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
 Via Ardeata Doria 4103 - 00192 Roma
 P.IVA n. F. 0640370966

Titolo del Progetto: **PARCO LION STONE**

Documento: **PROGETTO DEFINITIVO** N° Documento: **PELI-P66**

ID PROGETTO: **PELI-P** DISCIPLINA: **C** TIPOLOGIA: **DX** FORMATO: **A1x3**

Elaborato: **RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO ALLEGATO -DPA Elettrodotti**

FOGLIO: **1** di **1** SCALA: **1:10.000** Nome file: **PELI-P66**

Progettazione: **Hydro Engineering s.s.** di Damiano e Mariano Galbo
 via Rossotti, 39
 39023 Alcaione (TN) Italy

Progettisti: *[Signature]*
 (Ing. Martino Gabai)

Rev.	Data	Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	02/2024	PRIMA EMISSIONE		FB	PA	MG