



COMUNE DI ASCOLI SATRIANO



PROGETTO DEFINITIVO

- PROGETTO AGRIVOLTAICO -
IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO
INTEGRATO DA PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA

Committente:

Green Genius Italy Utility 6 s.r.l.

Corso Giuseppe Garibaldi, 49
20121 Milano (MI)



StudioTECNICO

ing. Marco G Balzano

Via Canello Rotto, 3
70125 BARI | Italy
+39 331.6794367
www.ingbalzano.com



Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZIONE
R0	02/12/2022	MSS	MBG	MBG	Prima Emissione

Numero Commessa:

SV634

Data Elaborato:

02/12/2022

Revisione:

R0

Titolo Elaborato:

Relazione Campi e Impatti Elettromagnetici

Progettista:

ing. Marco G. Balzano

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 9341
Professionista Antincendio Elenco Ministero degli Interni BA09341101837
Consulente Tecnico d'Ufficio (CTU) Tribunale Bari

Elaborato:

V.04



Sommario

1. Premessa	3
1.1 Generalità.....	3
1.2 Descrizione sintetica dell'iniziativa.....	5
1.3 Contatto.....	7
1.4 Localizzazione	8
Area Impianto.....	9
Area SSEU	11
1.5 Oggetto del Documento.....	12
2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi.....	13
2.1 Generalità.....	13
2.2 Normative	15
2.3 Definizioni.....	17
3. Calcolo della D.p.a.....	20
3.1 Impianto Fotovoltaico.....	20
3.2 Elettrodotti MT Interno a 30 kV	21
3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Terne MT interrate a 1 m.....	23
3.4 Power Station.....	38
3.5 Elettrodotto Esterno.....	41
3.6 Sottostazione Elettrica Utente (S.S.E.U.)	51
3.7 Linea Elettrica AT di Collegamento a Terna S.p.A.....	56
4. Conclusioni.....	61

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 2 di 61



1. Premessa

1.1 Generalità

La Società GREEN GENIUS ITALY UTILITY 6 SRL, con sede in Corso Giuseppe Garibaldi, 49 – 20121 Milano (MI), è soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto Agrivoltaico denominato “AgroPV – Piscitelli”.

L’iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico, ossia destinato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare integrato da un progetto agronomico studiato per assicurare la compatibilità con le caratteristiche pedo-agricole e storiche del sito.

Il progetto, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l’obiettivo di ottimizzare e utilizzare in modo efficiente il territorio, producendo energia elettrica pulita e garantendo, allo stesso tempo, una produzione agricola.

Il costo della produzione elettrica, mediante la tecnologia fotovoltaica, è concorrenziale alle fonti fossili, ma con tutti i vantaggi derivanti dall’uso della fonte solare, quali zero emissioni di CO₂, inquinanti solidi e liquidi, nessuna emissione sonora, ecc.

L’impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica utilizzando come energia primaria l’energia dei raggi solari. In particolare, l’impianto trasformerà, grazie all’esposizione alla luce solare dei moduli fotovoltaici realizzati in materiale semiconduttore, una percentuale dell’energia luminosa dei fotoni in energia elettrica sotto forma di corrente continua che, opportunamente trasformata in corrente alternata da apparati elettronici chiamati “inverter”, sarà ceduta alla rete elettrica nazionale.

La tecnologia fotovoltaica presenta molteplici aspetti favorevoli:

1. il sole è risorsa gratuita ed inesauribile;
2. non comporta emissioni inquinanti;
3. non genera inquinamento acustico
4. permette una diversificazione delle fonti energetiche e riduzione del deficit elettrico;
5. presenta una estrema affidabilità sul lungo periodo (vita utile superiore a 30 anni);
6. i costi di manutenzione sono ridotti al minimo;
7. il sistema presenta elevata modularità;
8. si presta a facile integrazione con sistemi di accumulo;
9. consente la delocalizzazione della produzione di energia elettrica.

L’impianto in progetto consente di produrre un significativo quantitativo di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti, senza alcun inquinamento acustico e con un ridotto impatto visivo.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 3 di 61

L'iniziativa si inquadra, altresì, nel piano di realizzazione di impianti per la produzione di energia fotovoltaica che la società intende realizzare nella Regione Puglia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite già dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997, dall'Accordo sul Clima delle Nazioni Unite (Parigi, Dicembre 2015), il Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC - 2020) e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR - 2021), tutti concordi nel porre la priorità sulla transizione energetica dalle fonti fossili alle rinnovabili. Infatti, le fonti energetiche rinnovabili, oltre a ridurre gli impatti sull'ambiente, contribuiscono anche a migliorare il tenore di vita delle popolazioni e la distribuzione di reddito nelle regioni più svantaggiate, periferiche o insulari, favorendo lo sviluppo interno, contribuendo alla creazione di posti di lavoro locali permanenti, con l'effetto di conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto nazionale ed internazionale lo sfruttamento dell'energia solare costituisce senza dubbio una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

In ragione delle motivazioni sopra esposte, al fine di favorire la transizione energetica verso soluzioni ambientalmente sostenibili la società proponente intende sottoporre all'iter valutativo l'iniziativa agrivoltaica oggetto della presente relazione.

La tipologia di opera prevista rientra nella categoria "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda" citata nell'All. IV articolo 2 lettera b) del D.Lgs 152/2006, aggiornato con il D.Lgs 4/2008 vigente dal 13 febbraio 2008.

La progettazione è stata svolta utilizzando le ultime tecnologie con i migliori rendimenti ad oggi disponibili sul mercato. Considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tipologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

Il progetto agronomico, da realizzare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, è stato studiato sin dalle fasi iniziali in base ad un'approfondita analisi con lo scopo di:

- Attivare un progetto capace di favorire la biodiversità e la salvaguardia ambientale;
- Garantire la continuità delle attività colturali condotte sul fondo e preservare il contesto paesaggistico.

1.2 Descrizione sintetica dell'iniziativa

L'iniziativa è da realizzarsi in agro del Comune di Ascoli Satriano (FG), circa 9,5 km a Sud-Est del centro abitato.

Per ottimizzare la produzione energetica, è stato scelto di realizzare l'impianto fotovoltaico mediante tracker monoassiali, ovvero inseguitori solari azionati da attuatori elettromeccanici capaci di massimizzare la produttività dei moduli fotovoltaici ed evitare il prolungato ombreggiamento del terreno sottostante.

Questa tecnologia elettromeccanica consente di seguire quotidianamente l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione e massimizzando la producibilità e la resa del campo.

Circa le attività agronomiche da effettuare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, si è condotto uno studio agronomico finalizzato all'analisi pedo-agronomica dei terreni, del potenziale, della vocazione storica del territorio e dell'attività colturale condotta dall'azienda agricola proprietaria del fondo.

Il progetto prevede, oltre alle opere di mitigazione a verde dislocata lungo le fasce perimetrali, un articolato progetto agronomico nelle aree utili interne ed esterne la recinzione oltre alla installazione di un apiario per favorire la biodiversità.

Per quel che concerne l'impianto fotovoltaico, esso avrà una potenza complessiva pari a 36,000 MWn – 39,9672 MWp.

L'impianto comprenderà 180 inverter da 215 kVA @30°.

Gli inverter saranno connessi a gruppi a un trasformatore 800/30.000 V (per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato).

Segue un riassunto generale dei dati di impianto:

Potenza nominale:	36.000,00 kWn
Potenza picco:	39.967,20 kWp
Inverter:	180 unità
Strutture:	798 tracker da 2x39 moduli 63 tracker da 2x26 moduli
Moduli fotovoltaici:	65.520 u. x 610 Wp

L'impianto sarà collegato in A.T. alla Rete di Trasmissione gestita da Terna S.p.A.

In base alla soluzione di connessione (STMG TERNA/P20190062687 del 10/09/2019 – CODICE PRATICA 201900724), l'impianto fotovoltaico sarà collegato alla rete di trasmissione in antenna a 150 kV su un futuro stallo 150 kV delle Stazione Elettrica (SE) di Smistamento a 150 kV della RTN denominata "Valle".

A tal fine sarà necessaria la realizzazione di una Sottostazione di Trasformazione Utente 150/30 kV da ubicarsi in prossimità della Stazione Elettrica "Valle" utile all'innalzamento della tensione a 150 kV prescritto dall'ente gestore.

Le opere, data la loro specificità, sono da intendersi di interesse pubblico, indifferibili ed urgenti ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003, nonché urbanisticamente compatibili con la destinazione agricola dei suoli come sancito dal comma 7 dello stesso articolo del decreto legislativo.

Nello specifico della parte agronomica, il progetto prevede la coltivazione nelle interfile di specie arboree, opportunamente distanziate per consentire un adeguato irraggiamento delle piante arboree e l'agevole lavorazione durante le fasi di manutenzione e raccolta dei frutti, la coltivazione delle aree utili esterne alle recinzioni e l'installazione di un apiario volto a favorire la biodiversità, come da relazioni agronomiche.

La scelta agronomica ha tenuto conto della tipologia e qualità del terreno/sottosuolo e della disponibilità idrica. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni specialistiche.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 6 di 61



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341



1.3 Contatto

Società promotrice: GREEN GENIUS ITALY UTILITY 6 S.R.L

Indirizzo: Corso Giuseppe Garibaldi, 49

20121 MILANO

PEC: greengeniustalyutility6@unapec.it

Mob: +39 331.6794367

Progettista: SEPTTEM S.R.L.

Direttore Tecnico: Ing. MARCO G. BALZANO

Indirizzo: Via Canello Rotto, 03

70125 BARI (BA)

Tel. +39 331.6794367

Email: studiotecnico@ingbalzano.com

PEC: ing.marcobalzano@pec.it

STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 7 di 61



1.4 Localizzazione

L'area da destinarsi alla realizzazione dell'impianto in progetto, denominato "AgroPV-Piscitelli", si trova in Puglia nel Comune di Ascoli Satriano (FG), in località "Piscitelli". L'area contrattualizzata a disposizione del proponente ha una estensione di 70,19 ha.

Le opere di rete interesseranno l'agro dello stesso comune in ragione della posizione della Stazione Elettrica di Smistamento a 150 kV della RTN denominata "Valle", di cui uno stallo del futuro ampliamento è stato indicato dal gestore come punto di connessione dell'impianto.



Fig. 1-1: Localizzazione area di intervento, in blu la perimetrazione del sito, in giallo il tracciato della connessione, in arancio l'area della SSEU

Coordinate GPS:

Latitudine: 41.141053° - 41°8'27.79" N
Longitudine: 15.663897° - 15°39'50.03" E
Altezza s.l.m.: 342 m

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 8 di 61

AREA IMPIANTO

L'area di interesse per le opere di impianto è censita catastalmente nel comune di Ascoli Satriano (FG), come di seguito specificato:

Proprietà	Comune	Provincia	Foglio di mappa	Particelle	Classamento	Consistenza (ha)
Flamia Michele Angelo	Ascoli Satriano	FG	97	54	Seminativo/ Uliveto	7,3862
Flamia Michele Angelo	Ascoli Satriano	FG	97	67	Seminativo	16,8031
Tucci Pasquale	Ascoli Satriano	FG	96	6	Seminativo	5,8080
Tucci Pasquale	Ascoli Satriano	FG	96	19	Seminativo	3,1000
Tucci Pasquale Tucci Carmela Tucci Alfonso Fornelli Genoveffa	Ascoli Satriano	FG	96	22	Seminativo/ Pascolo	4,7650
Tucci Pasquale Tucci Carmela Tucci Alfonso Fornelli Genoveffa	Ascoli Satriano	FG	96	23	Seminativo/ Pascolo	0,8480
Tucci Pasquale Tucci Rosario	Ascoli Satriano	FG	96	24	Seminativo	0,9836
Tucci Pasquale Tucci Rosario	Ascoli Satriano	FG	96	38	Seminativo	3,1710
Tucci Pasquale Tucci Rosario	Ascoli Satriano	FG	96	42	Seminativo/ Pascolo	6,9130
Tucci Pasquale Tucci Rosario	Ascoli Satriano	FG	96	43	Seminativo	7,3065
Padalino Pasquale	Ascoli Satriano	FG	96	191	Seminativo	4,8000
Tucci Pasquale Tucci Carmela Tucci Alfonso Fornelli Genoveffa	Ascoli Satriano	FG	96	192	Seminativo	8,3080



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECHNICO
ing.MARCOBALZANO
331/031.931.931

Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341



Fig. 1-2: Localizzazione area di intervento su ortofoto catastale, in blu la perimetrazione del sito

STUDIOTECHNICO 
ing.MARCOBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 10 di 61



AREA SSEU

L'area individuata per la realizzazione della Sottostazione Elettrica di Utensità è censita catastalmente nel comune di Ascoli Satriano (FG), come di seguito specificato:

Proprietà	Comune	Provincia	Foglio di mappa	Particelle	Classamento	Consistenza (ha)
Capobianco Giovanna	Ascoli Satriano	FG	98	333	Seminativo/ Uliveto	2,8408

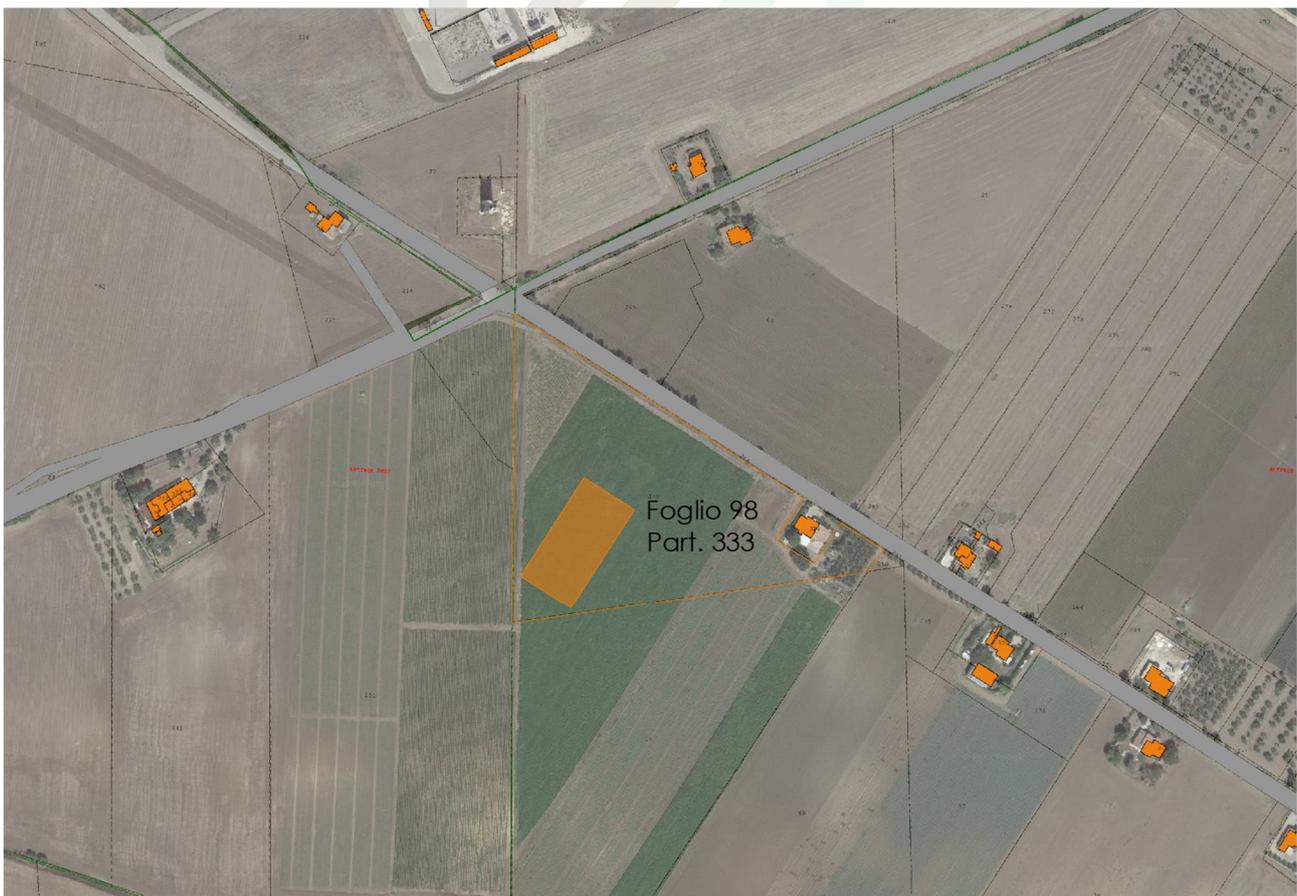


Fig. 1-3: Localizzazione area SSEU su ortofoto catastale, in arancio la perimetrazione dell'Area

1.5 Oggetto del Documento

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da conversione fotovoltaica dell'energia solare.

Sono state individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

Nello Specifico gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- ✓ Impianto Fotovoltaico
- ✓ Power Center BT/MT;
- ✓ Elettrodotti di Media Tensione (MT);

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto.

Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

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

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

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 12 di 61

2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi

2.1 Generalità

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza come mostrato dai grafici seguenti.

Tuttavia, nel caso di cavi interrati la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto, il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico massimo lungo il tracciato della linea interrata a 30 kV.

La linea di connessione genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali. In aria, l'andamento di tale campo in funzione della distanza dal cavo è proporzionale all'inverso del quadrato della distanza, ossia esso diminuisce fortemente la sua intensità con l'allontanarsi dalla sorgente.

La presenza di rivestimenti di isolamento e schermature metalliche ne limitano ulteriormente l'intensità.

Il campo elettrico E prodotto da un sistema polifase, risulta associato alle cariche in gioco, e quindi alle tensioni, ed è quindi presente non appena la linea sia posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Il campo magnetico B è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo "in tensione" ma non trasporta energia. I campi elettromagnetici, in base alla loro frequenza, possono essere suddivisi in:

- o onde ionizzanti (IR): onde ad alta frequenza così chiamate in quanto capaci di modificare la struttura molecolare rompendone i legami atomici (l'esempio più ricorrente è quello dei raggi X) e perciò cancerogene;

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 13 di 61

- o onde non ionizzanti (NIR): su cui sono tuttora in corso numerosi studi tesi a verificare gli effetti sull'uomo. Questo tipo di onde comprende, tra le varie frequenze, le microonde, le radiofrequenze ed i campi a frequenza estremamente bassa (ELF - Extremely Low Frequency da 0 a 10 kHz). Fra questi campi a bassa frequenza (ELF) è compresa anche l'energia elettrica che è trasmessa a frequenza di 50 Hz.

Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante una linea interrata sono fondamentalmente:

1. intensità delle correnti di linea;
2. distanza dai conduttori;
3. isolanti, schermature e profondità di interrimento del cavo;
4. disposizione e distanza tra conduttori

Dunque, il campo magnetico, dipendendo dalla corrente, varia a seconda della richiesta/produzione di energia e quindi è fortemente influenzato dalle condizioni di carico/produzione delle linee stesse.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica è necessario agire su una o più delle grandezze sopra elencate, dal momento che la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è strada praticabile.

L'influenza dei vari fattori si evince immediatamente dalla legge di Biot-Savart: il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente.

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Il quarto fattore entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione è trifase, cioè composto da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo.

Poiché il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche.

Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata alla necessaria distanza tra le fasi e dipende dalla tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo tale distanza può essere

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 14 di 61

dell'ordine di 20-30 cm con un abbattimento sostanziale del campo magnetico già a poca distanza.

Come avviene ormai sempre più di frequente, le linee di Media Tensione non vengono più costruite mediante linea aerea, ma interrate consentendo di ridurre drasticamente l'effetto dovuto ai campi elettromagnetici attenuati dal terreno che agisce da "schermatura naturale", abbassando l'intensità di tali emissioni a valori addirittura inferiori ai più comuni elettrodomestici di uso quotidiano. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Normative indicate.

2.2 Normative

Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

La legge fissa i principi fondamentali diretti alla tutela della salute della popolazione dai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici in uno spettro di frequenze che va da 0 a 300 GHz.

La legge definisce le competenze in materia di campi elettromagnetici individuando due soggetti istituzionali responsabili che sono lo Stato e le Regioni, introduce un catasto nazionale nel quale confluiscono le informazioni dei catasti regionali sulle sorgenti di campi elettromagnetici e istituisce un Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico.

La legge, riprendendo in parte quanto già presente in Decreti precedenti, definisce tre oggetti che sono:

- Il limite di esposizione da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. Questo valore nasce con l'obiettivo di prevenire i cosiddetti effetti acuti dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici e cioè gli effetti a breve termine che scompaiono al cessare dell'esposizione.
- Il valore di attenzione che è da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Particolare attenzione va prestata per i siti scolastici, i luoghi dell'infanzia e le case di cura. L'obiettivo di tale valore è preservare la popolazione dagli effetti differiti che sono ipotizzati solo per il campo magnetico.
- L'obiettivo di qualità da intendersi come valore di campo, inferiore al valore di attenzione, rappresentativo di una tendenza che punta all'ulteriore mitigazione dell'esposizione al campo medesimo (l'obiettivo di fondo è fornire un riferimento per i criteri localizzativi e gli

standard urbanistici); questo obiettivo si applica ai nuovi elettrodotti oppure alle nuove costruzioni in prossimità di elettrodotti esistenti.

DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 ha quale campo di applicazione, i campi elettrici e magnetici connessi al funzionamento degli elettrodotti a frequenza industriale; i limiti che il Decreto fissa, non si applicano a chi risulta essere esposto per ragioni professionali.

Il Decreto fissa, nel suo campo di applicazione, i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui alla Legge 22 febbraio 2001 per i campi elettrici e magnetici, generati dagli elettrodotti a 50 Hz. Tali valori risultano essere:

- Limiti di esposizione: 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per l'intensità di campo elettrico intesi come valori efficaci;
- Valori di attenzione: 10 μ T per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;
- Obiettivi di qualità: 3 μ T per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;

Sia il valore di attenzione che l'obiettivo di qualità sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

"A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2];

"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

Il Decreto prevede la determinazione di una fascia di rispetto attorno all'elettrodotto, determinata utilizzando come valore limite di induzione magnetica, l'obiettivo di qualità e

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 16 di 61

considerando, quale valore di corrente nominale della linea che determina il campo magnetico, la portata in servizio normale definita secondo le Norme CEI.

DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV",

Norma CEI 20-21 "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287).

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 I: linee elettriche aeree e in cavo".

Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"

Linea Guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (D.p.a.) da linee e cabine elettriche

2.3 Definizioni

Si introducono le seguenti definizioni anche in riferimento a quanto indicato nell'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto":
 Corrente Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

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

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":

- Per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- Per gli elettrodotti aerei con tensione < 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- Per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 come portata in regime permanente;

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 17 di 61

Portata in regime permanente Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

Fascia di rispetto Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Distanza di prima approssimazione È la distanza in pianta dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della D.p.a., si trovi all'esterno della fascia di rispetto. Per le cabine è la distanza da tutte le facce del parallelepipedo della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Cabina Primaria (CP) Stazione elettrica alimentata in AT, provvista di almeno un trasformatore AT/MT dedicato alla rete di distribuzione.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma I lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Distanza di prima approssimazione (D.p.a.): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della D.p.a., si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (Scheda B10).

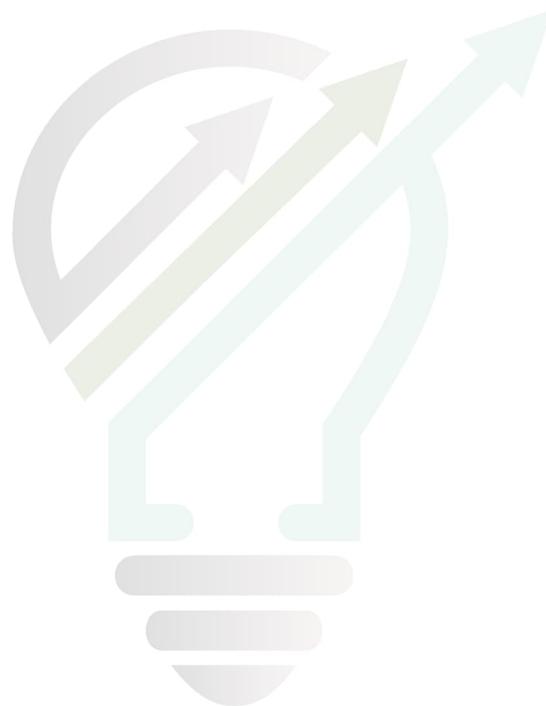
Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 18 di 61

inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.



STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 19 di 61

3. Calcolo della D.p.a.

3.1 Impianto Fotovoltaico

Nel caso specifico del Campo Fotovoltaico, esso sarà costituito dall'insieme delle Stringhe di Moduli Fotovoltaici, dalle String Box e dai rispettivi Cavi Elettrici, considerato che:

- Tale Sezione di Impianto ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- Nel caso di una Buona Esecuzione delle Opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto;

La generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPPT da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno eseguono la trasformazione della corrente continua in corrente alternata. Essi sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze.

Il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

Oltre a quanto specificato, gli inverter ammessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature e con la rete elettrica.

Si precisa che la tensione lato DC raggiungerà massimo 1.500Vdc mentre, lato BT, l'impianto sarà esercito a 400Vac (servizi ausiliari) 800Vac (linee di potenza).

Alla luce delle considerazioni si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettromagnetico.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 20 di 61

3.2 Elettrodotti MT Interno a 30 kV

Quella che viene presentata in questo paragrafo è una valutazione analitica del campo magnetico generato da elettrodi interrati, basata su metodologie di calcolo approvate dal D.M. 29/05/2008 e specificate nella norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto interrato occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia di cavi utilizzati. Il progetto infatti prevede l'utilizzo di cavi unipolari, da posare in formazione a trifoglio congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. Essi sono costituiti da conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in elastomero termoplastico, da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a nastro di alluminio, da protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag, consentendo la posa direttamente interrata) e guaina in polietilene di colore rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso.

Gli Elettrodotti di Media Tensione relativi al campo fotovoltaico si dividono in:

- Cavi MT 30 kV Interrati per il collegamento Elettrico tra le Power Station;
- Cavi MT 30 kV Interrati per il convogliamento dell'energia elettrica Prodotta alla Stazione di Elevazione di Utenza (S.S.E.U.).

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARE4H5E COMPACT 18/30 kV (o equivalente) con conduttore in alluminio.

Per il collegamento elettrico tra le Power Center e la Cabina di Sezionamento, la rete MT a 30 kV interna al parco fotovoltaico sarà costituita da n° 3 circuiti indipendenti composti ciascuno da 1 terna di cavi interrati con posa a trifoglio.

In particolare, la configurazione prevede n. 2 tratte con la presenza di due terne affiancate e n. 1 tratti, verso la cabina di sezionamento, che prevede l'affiancamento di tutte e tre le terne, per una lunghezza di circa 260 m.

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 21 di 61



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECHNICO
ing.MarcoBALZANO
PROF. 300/2019/2019

Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

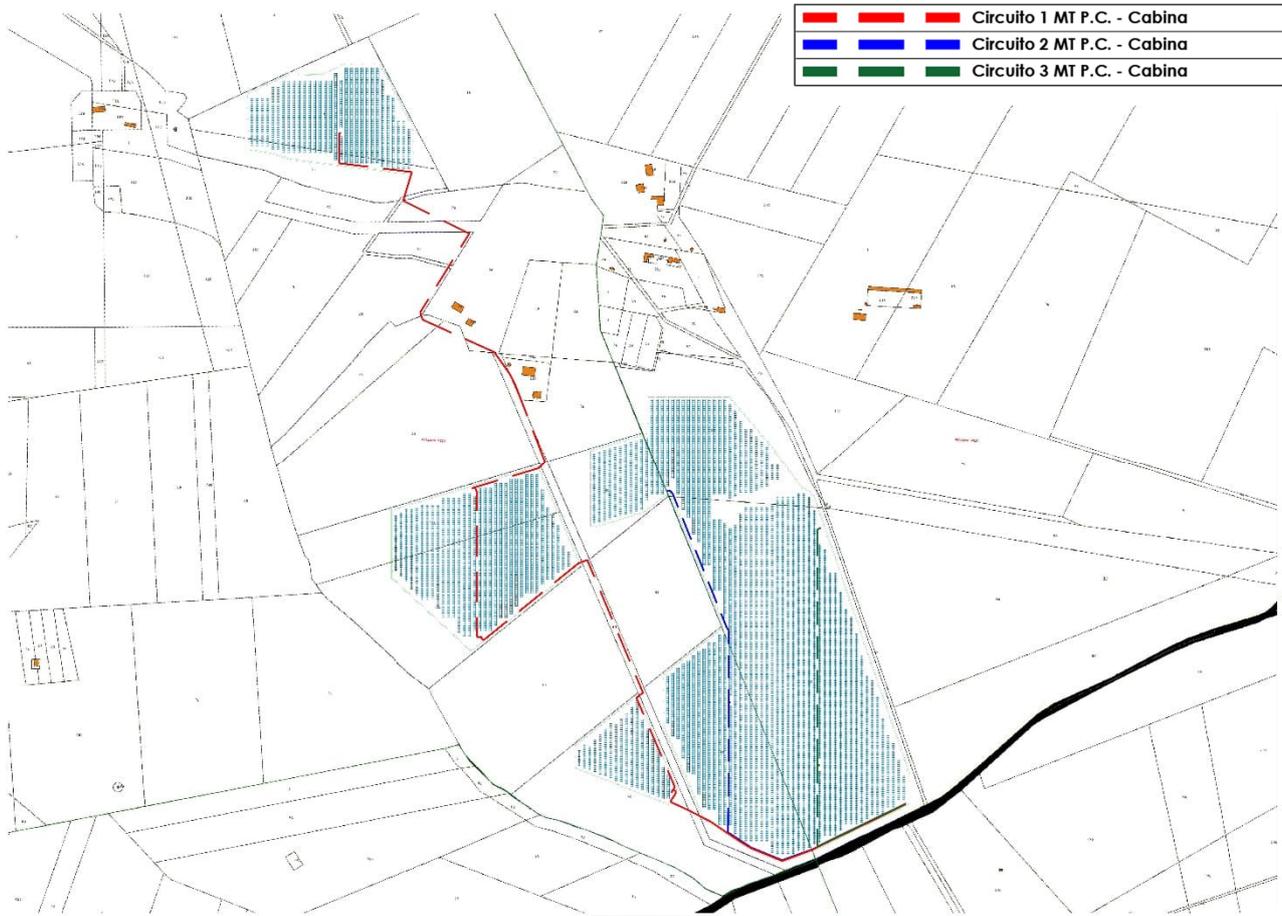


Fig. 3-1: Rappresentazione dei circuiti MT interni al campo su base catastale

STUDIOTECHNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 22 di 61



3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Terne MT interrate a 1 m

Di seguito si riporta la distribuzione MT interna al parco fotovoltaico.

1° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
Circuito 1	1	2.721,46	Trifoglio / Interrato a 1 m	ARE4H5E	3x1x240	30.000

2° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
Circuito 2	1	1.068,22	Trifoglio / Interrato a 1 m	ARE4H5E	3x1x240	30.000

3° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
Circuito 3	1	809,17	Trifoglio / Interrato a 1 m	ARE4H5E	3x1x240	30.000

STUDIOTECNICO
ing. Marco BALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Nella fattispecie sono presentate le valutazioni dei campi elettromagnetici generati:

- nel tratto tipo a singola terna che convoglia una corrente pari a 230,94 A per ciascuna fase;
- nel tratto a doppia terna che prevede la maggiore combinazione di correnti, pari a 230,94 A per ciascuna fase;
- nel tratto a triplice terna, che prevede una combinazione di correnti la cui somma è pari a 230,94 A per ciascuna fase;

Di seguito si riporta uno schema delle configurazioni tenute in considerazione nel calcolo.

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella successiva tabella considerando una posa a trifoglio interrata a 1,0 m, temperatura del terreno di 20°C e resistività termica del terreno $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$.

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è $I_n = 426 \text{ A}$.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 24 di 61

ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Conduttore di alluminio / Aluminium conductor – ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$p=1$ °C m/W	$p=2$ °C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

DATI COSTRUTTIVI - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370	186	175	134
70	9,7	20,8	29	650	380	230	214	164
95	11,4	22,1	30	740	400	280	256	197
120	12,9	23,2	32	840	420	323	291	223
150	14	24,3	33	930	440	365	325	250
185	15,8	26,1	35	1090	470	421	368	283
240	18,2	28,5	37	1310	490	500	427	328
300	20,8	31,7	42	1560	550	578	483	371
400	23,8	34,9	45	1930	610	676	551	423
500	26,7	37,8	48	2320	650	787	627	482
630	30,5	42,4	53	2880	700	916	712	547

DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 25 di 61

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento → K_{temp_amb}
- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro → K_{terne}
- Profondità di posa della terna di cavi → K_{posa}
- Resistenza termica del terreno → $K_{resistenza}$

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento										
T. conduttore	Tipo di cavo	temperature ambiente (°C)								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)			
0,8	1	1,2	1,5
1,02	1	0,98	0,96

Resistenza termica (km/W)			
0,8	1	1,2	1,5
1,08	1	0,93	0,85

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:
 $r=1,0 K \cdot m/W$ per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;
 $r=1,5 K \cdot m/W$ per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

distanza tra cavi o terne	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
cm	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto, il valore della portata di corrente a regime che viaggerebbe nel cavo in media tensione, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

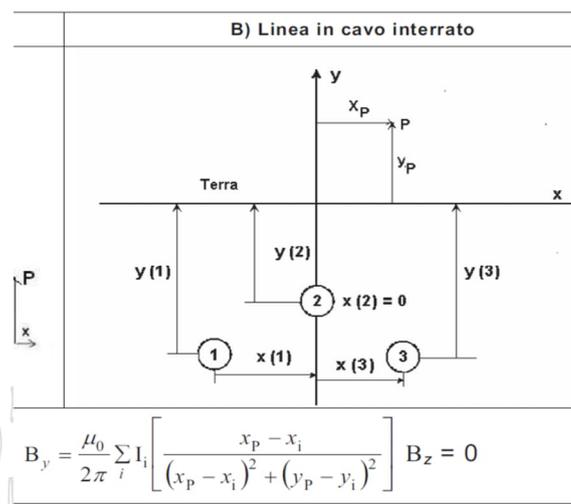
$$I_{\text{regime}(1 \text{ terna})} = I_n * K_{\text{temp_amb}} * K_{\text{posa}} * K_{\text{resistenza}} * K_{\text{terne}} = 426 * 0,96 * 1 * 0,85 * 1 = 347,62 \text{ A}$$

$$I_{\text{regime}(2 \text{ terne})} = I_n * K_{\text{temp_amb}} * K_{\text{posa}} * K_{\text{resistenza}} * K_{\text{terne}} = 426 * 0,96 * 1 * 0,85 * 0,86 = 298,95 \text{ A}$$

$$I_{\text{regime}(3 \text{ terne})} = I_n * K_{\text{temp_amb}} * K_{\text{posa}} * K_{\text{resistenza}} * K_{\text{terne}} = 426 * 0,96 * 1 * 0,85 * 0,78 = 271,14 \text{ A}$$

Per tener conto della presenza di una terna o più terne nella sezione di scavo, data la scelta di ripartire l'intera portata di corrente in questo modo, 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, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.



E' 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 per il modello, un sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicoidali, in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, ossia:

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

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 ad I [A].

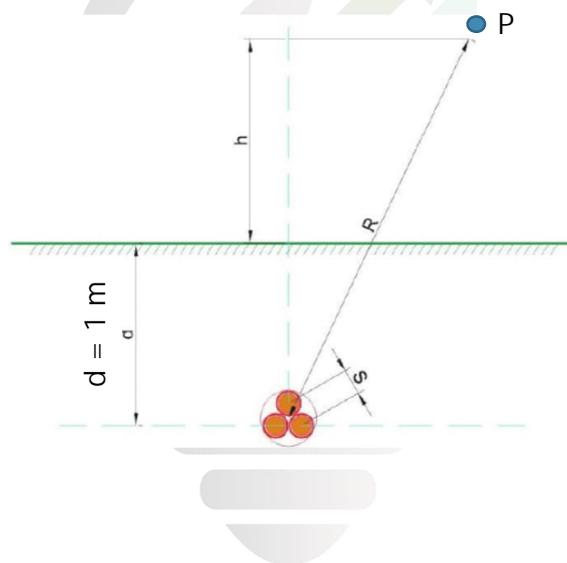
Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 27 di 61



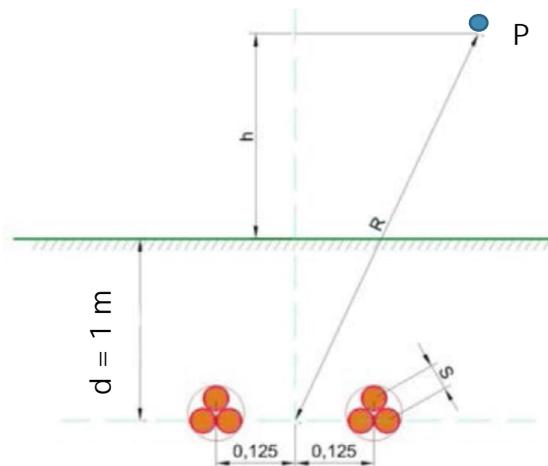
Considerata la natura vettoriale del campo magnetico è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale della terna e fissando l'asse centrale come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2}$$

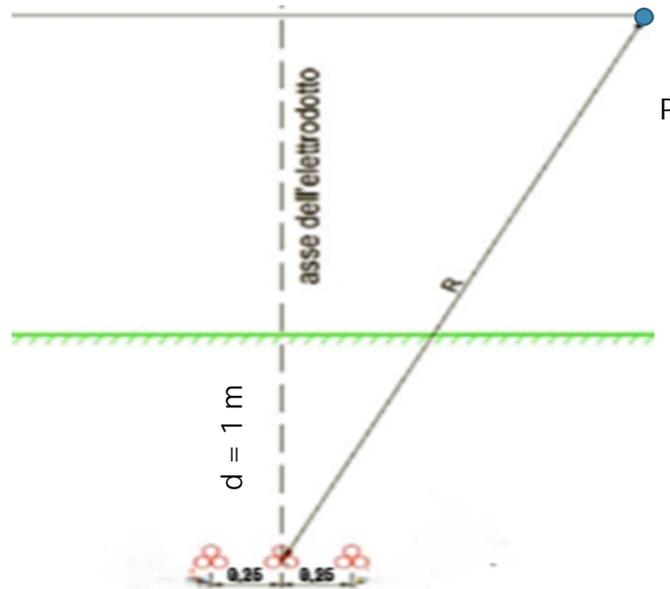


$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2}$$





$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x_p - x_3)^2 + (y_p - y_3)^2}$$



dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro della terna di cavi), S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A] specifica della terna i-esima.

Facendo riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definito dalla norma CEI 11-17, sono state calcolate le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso, fissando vari valori di altezza h.

Ai fini del calcolo è stata presa in esame la potenza del singolo circuito con potenza maggiore ed i casi in cui sono accostate più terne. Le condizioni operative analizzate sono le seguenti:

$$I_{\text{SINGOLA TERNA}} = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{15.600 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 30.000\text{V} * 1} = \mathbf{230,94 \text{ A}}$$

$$I_{\text{DOPPIA TERNA}} = \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{20.400 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 30.000\text{V} * 1} = \mathbf{461,88 \text{ A}}$$

$$I_{\text{TRIPLICE TERNA}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{36.000 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 30.000\text{V} * 1} = \mathbf{692,82 \text{ A}}$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 29 di 61



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Cancellotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECNICO
ing. Marco BALZANO
PROF. ING. 31/03/1975



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

Profondità di posa dei cavi	-1 m
Distanza terna dall'asse neutro	0 m
Sezione singola terna	1x(3x1x240 mm ²)
Sezione doppia terna	2x(3x1x240 mm ²)
Sezione triplice terna	3x(3x1x240 mm ²)
Corrente nominale singola terna	230,94 A
Portata corretta singola terna	347,62 A
Corrente nominale doppia terna	461,88 A
Portata corretta doppia terna	597,9 A
Corrente nominale triplice terna	692,82 A
Portata corretta triplice terna	813,42 A

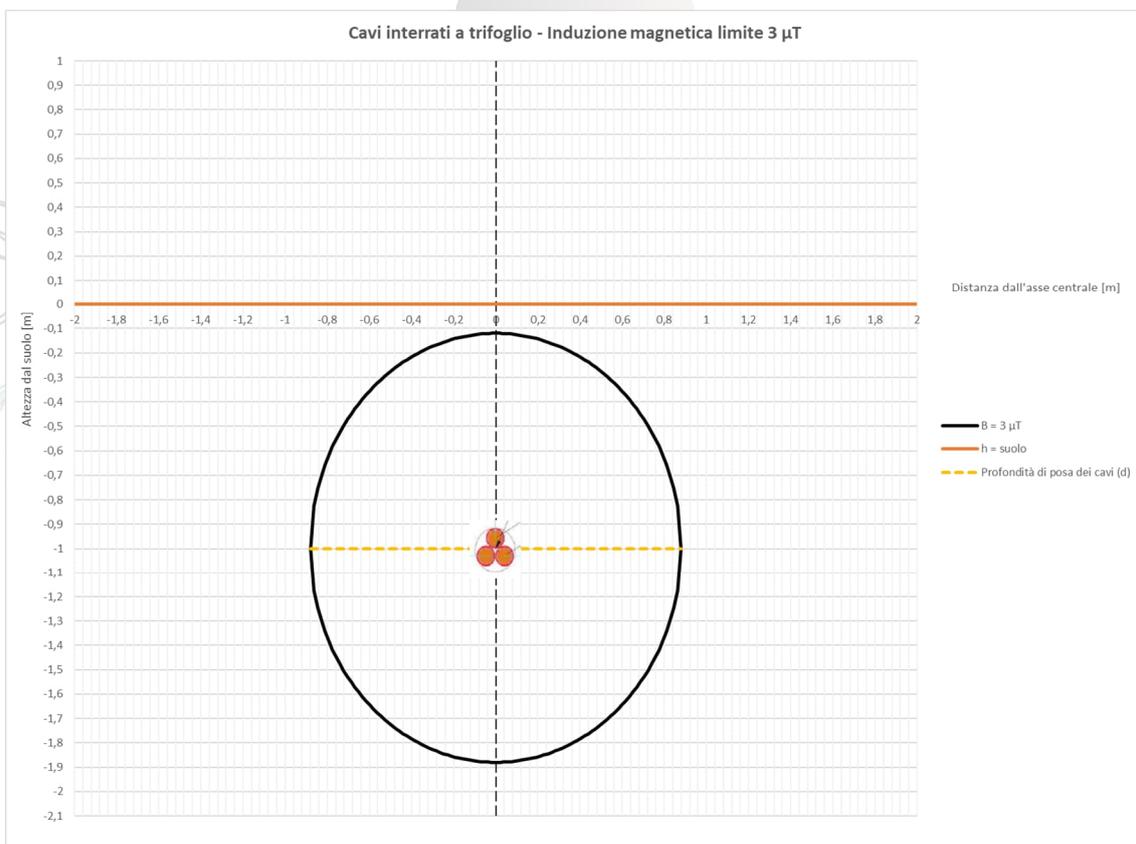
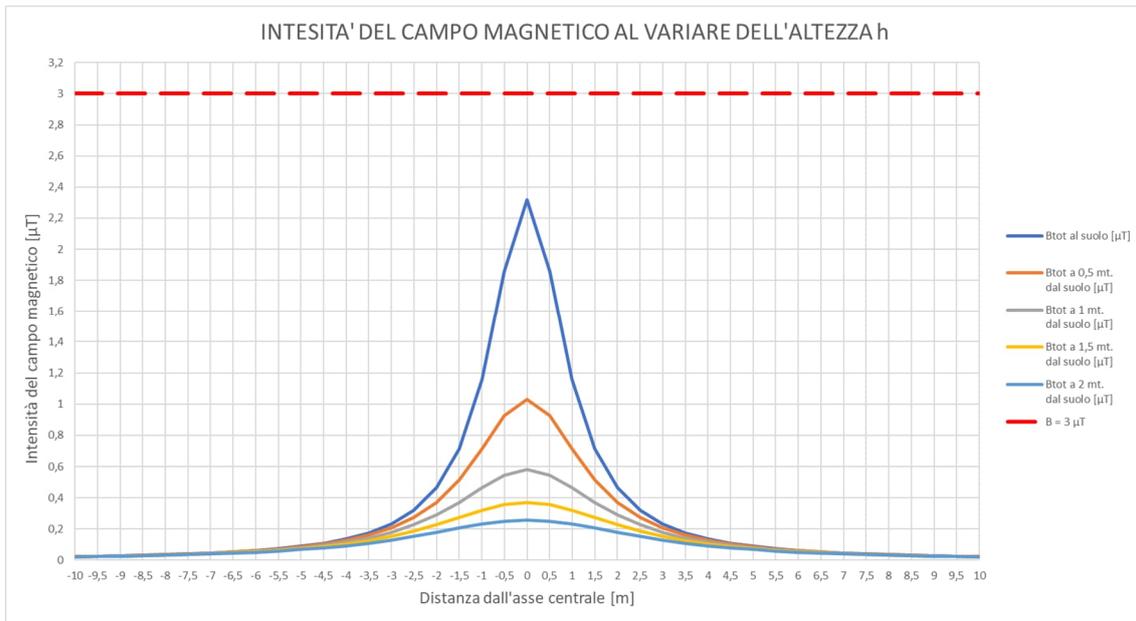
STUDIOTECNICO 
ing. Marco BALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 30 di 61

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la singola terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,022963468	0,022682741	0,02230106	0,021828802	0,021278076
-9,5	0,025417099	0,025073624	0,024608066	0,024034303	0,023368365
-9	0,028284271	0,027859582	0,027286003	0,026582352	0,025770114
-8,5	0,031662938	0,031131681	0,030417184	0,029545353	0,028545357
-8	0,035681696	0,035008456	0,034107504	0,033015092	0,031771373
-7,5	0,040511969	0,039646329	0,038494776	0,037108964	0,035544985
-7	0,046386205	0,045254834	0,043760571	0,041978466	0,039988108
-6,5	0,05362567	0,052119331	0,050147248	0,04782083	0,045254834
-6	0,062684061	0,060635562	0,057982756	0,054894917	0,051540228
-5,5	0,074217928	0,071363392	0,067717087	0,063542746	0,059090707
-5	0,08920424	0,085112302	0,079976215	0,074217928	0,068215007
-4,5	0,109144011	0,103080455	0,095641659	0,087521141	0,079292658
-4	0,136430014	0,127085493	0,115965512	0,104238663	0,09277241
-3,5	0,175042282	0,159952431	0,142726784	0,125368121	0,109144011
-3	0,231931024	0,20616091	0,17840848	0,152085918	0,128850569
-2,5	0,319904861	0,272860029	0,22627417	0,185544819	0,152085918
-2	0,463862048	0,371089639	0,28991378	0,22627417	0,17840848
-1,5	0,713633921	0,515402276	0,371089639	0,272860029	0,20616091
-1	1,159655121	0,713633921	0,463862048	0,319904861	0,231931024
-0,5	1,855448194	0,927724097	0,545720057	0,35681696	0,250736242
0	2,319310242	1,030804552	0,579827561	0,371089639	0,257701138
0,5	1,855448194	0,927724097	0,545720057	0,35681696	0,250736242
1	1,159655121	0,713633921	0,463862048	0,319904861	0,231931024
1,5	0,713633921	0,515402276	0,371089639	0,272860029	0,20616091
2	0,463862048	0,371089639	0,28991378	0,22627417	0,17840848
2,5	0,319904861	0,272860029	0,22627417	0,185544819	0,152085918
3	0,231931024	0,20616091	0,17840848	0,152085918	0,128850569
3,5	0,175042282	0,159952431	0,142726784	0,125368121	0,109144011
4	0,136430014	0,127085493	0,115965512	0,104238663	0,09277241
4,5	0,109144011	0,103080455	0,095641659	0,087521141	0,079292658
5	0,08920424	0,085112302	0,079976215	0,074217928	0,068215007
5,5	0,074217928	0,071363392	0,067717087	0,063542746	0,059090707
6	0,062684061	0,060635562	0,057982756	0,054894917	0,051540228
6,5	0,05362567	0,052119331	0,050147248	0,04782083	0,045254834
7	0,046386205	0,045254834	0,043760571	0,041978466	0,039988108
7,5	0,040511969	0,039646329	0,038494776	0,037108964	0,035544985
8	0,035681696	0,035008456	0,034107504	0,033015092	0,031771373
8,5	0,031662938	0,031131681	0,030417184	0,029545353	0,028545357
9	0,028284271	0,027859582	0,027286003	0,026582352	0,025770114
9,5	0,025417099	0,025073624	0,024608066	0,024034303	0,023368365
10	0,022963468	0,022682741	0,02230106	0,021828802	0,021278076

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 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.

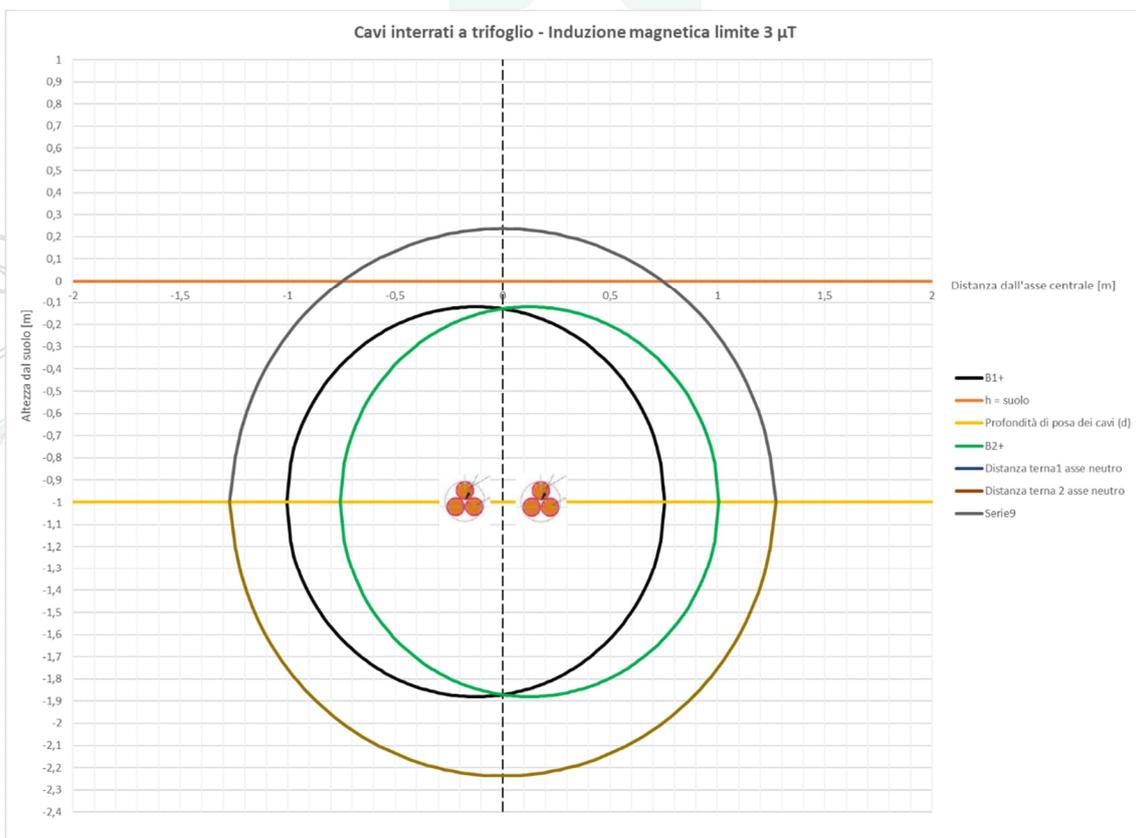
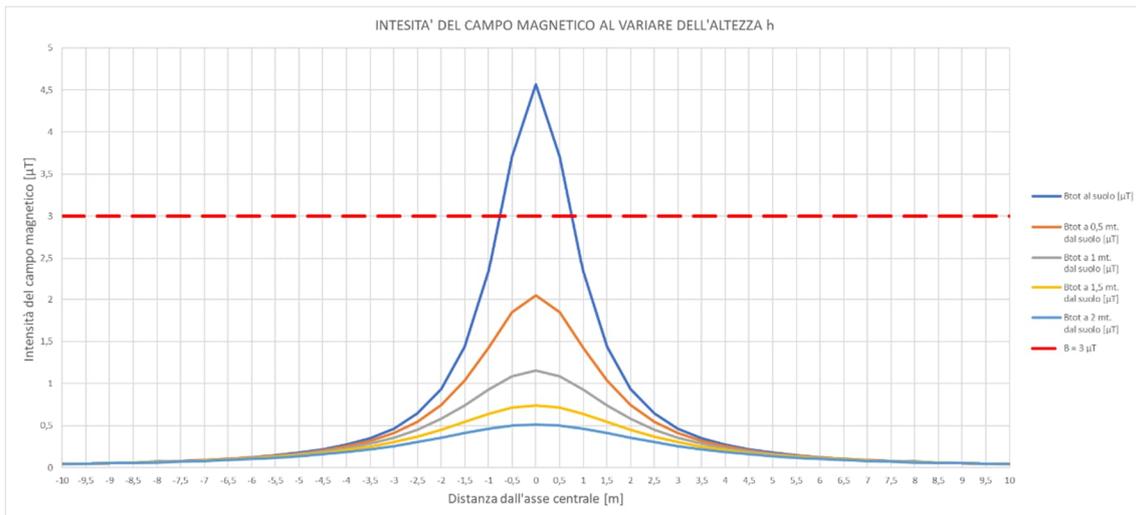




La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la doppia terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,045947974	0,045385673	0,044621197	0,043675358	0,042572441
-9,5	0,050859936	0,050171843	0,049239231	0,048089944	0,046756139
-9	0,056600364	0,055749417	0,05460022	0,053190546	0,051563497
-8,5	0,063365677	0,062300973	0,06086916	0,059122254	0,057118792
-8	0,07141382	0,070064227	0,068258356	0,066069029	0,06357685
-7,5	0,081088762	0,079352959	0,077044167	0,074266184	0,071131658
-7	0,092857106	0,09058764	0,087590786	0,084017438	0,080027491
-6,5	0,107364061	0,104341114	0,100384464	0,095718241	0,090573085
-6	0,125521326	0,121408163	0,116083346	0,109887653	0,103159218
-5,5	0,148649172	0,14291376	0,13559075	0,127211487	0,118279426
-5	0,17871391	0,170485379	0,160163544	0,148599196	0,136551745
-4,5	0,218739811	0,20653346	0,191571918	0,175254614	0,158735211
-4	0,273554285	0,254717024	0,232329888	0,208752102	0,185725716
-3,5	0,351200188	0,320725917	0,286007016	0,25108539	0,218497554
-3	0,465750071	0,413582997	0,357575909	0,304595722	0,257924643
-2,5	0,643193224	0,547668892	0,453540676	0,37155292	0,304370695
-2	0,934117051	0,745073171	0,58095782	0,452934024	0,356915323
-1,5	1,439419733	1,034371264	0,742989896	0,545777124	0,412206684
-1	2,337287197	1,42881261	0,927137415	0,639190558	0,463427134
-0,5	3,701186485	1,848487662	1,088376782	0,712184689	0,500717962
0	4,567257093	2,04739111	1,155142844	0,740328456	0,514509031
0,5	3,701186485	1,848487662	1,088376782	0,712184689	0,500717962
1	2,337287197	1,42881261	0,927137415	0,639190558	0,463427134
1,5	1,439419733	1,034371264	0,742989896	0,545777124	0,412206684
2	0,934117051	0,745073171	0,58095782	0,452934024	0,356915323
2,5	0,643193224	0,547668892	0,453540676	0,37155292	0,304370695
3	0,465750071	0,413582997	0,357575909	0,304595722	0,257924643
3,5	0,351200188	0,320725917	0,286007016	0,25108539	0,218497554
4	0,273554285	0,254717024	0,232329888	0,208752102	0,185725716
4,5	0,218739811	0,20653346	0,191571918	0,175254614	0,158735211
5	0,17871391	0,170485379	0,160163544	0,148599196	0,136551745
5,5	0,148649172	0,14291376	0,13559075	0,127211487	0,118279426
6	0,125521326	0,121408163	0,116083346	0,109887653	0,103159218
6,5	0,107364061	0,104341114	0,100384464	0,095718241	0,090573085
7	0,092857106	0,09058764	0,087590786	0,084017438	0,080027491
7,5	0,081088762	0,079352959	0,077044167	0,074266184	0,071131658
8	0,07141382	0,070064227	0,068258356	0,066069029	0,06357685
8,5	0,063365677	0,062300973	0,06086916	0,059122254	0,057118792
9	0,056600364	0,055749417	0,05460022	0,053190546	0,051563497
9,5	0,050859936	0,050171843	0,049239231	0,048089944	0,046756139
10	0,045947974	0,045385673	0,044621197	0,043675358	0,042572441

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 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



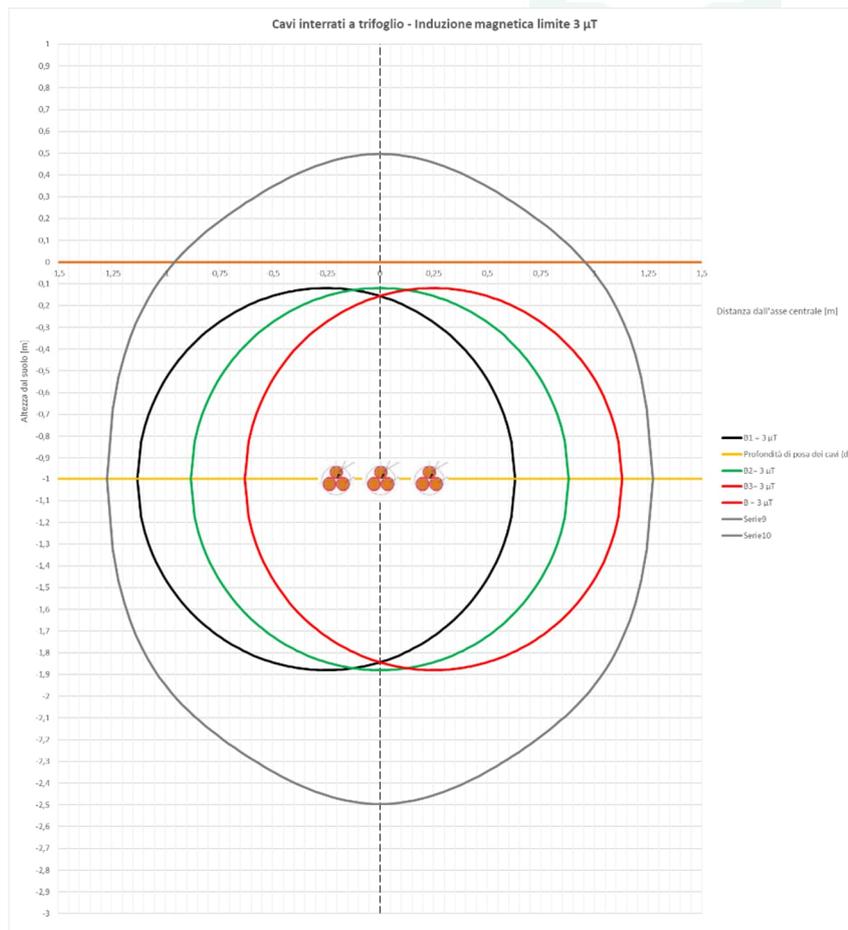
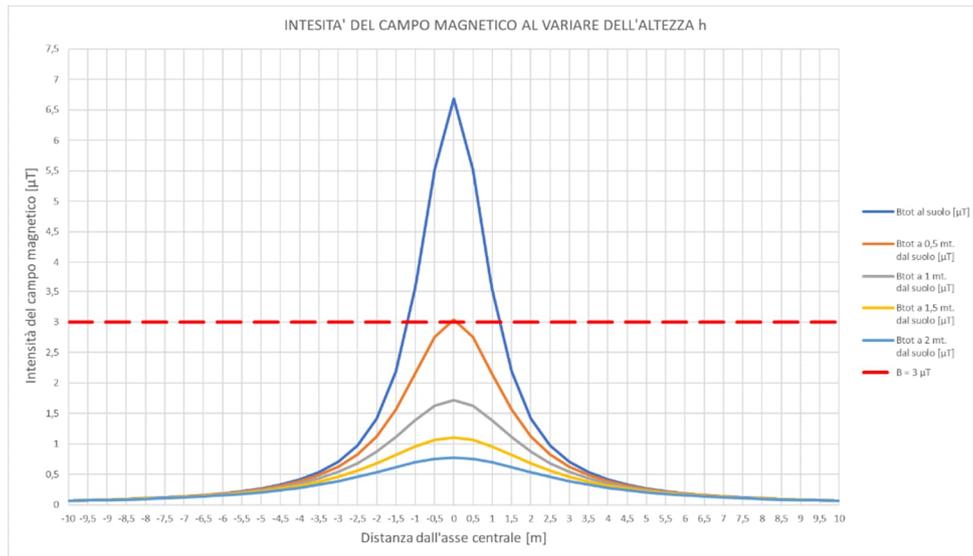


La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la triplice terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,068974623	0,068129048	0,066979537	0,065557466	0,06389942
-9,5	0,076354337	0,075319329	0,073916659	0,072188317	0,070182775
-9	0,084980216	0,083699859	0,081970956	0,079850495	0,077403479
-8,5	0,09514818	0,09354563	0,091390843	0,088762349	0,085748461
-8	0,107247032	0,105214828	0,102496075	0,099200784	0,095450629
-7,5	0,12179554	0,119180482	0,115703023	0,111520093	0,106801832
-7	0,139497903	0,136076811	0,131560618	0,126177661	0,120169587
-6,5	0,161328659	0,156768422	0,150802079	0,143769134	0,136018368
-6	0,188666202	0,182455785	0,174420274	0,165076458	0,154935977
-5,5	0,223509004	0,214839544	0,203778538	0,191132788	0,177664453
-5	0,268837739	0,256382333	0,240774521	0,223307874	0,20513223
-4,5	0,32924501	0,310735343	0,288081412	0,263413603	0,23847775
-4	0,412077851	0,383446858	0,349494775	0,313815884	0,279040703
-3,5	0,52961038	0,483151705	0,430397443	0,377501087	0,328269299
-3	0,703388368	0,623543074	0,538263413	0,45795132	0,387443385
-2,5	0,973339848	0,826393487	0,682787053	0,558480583	0,457048472
-2	1,417335823	1,124836316	0,87423558	0,680349519	0,535611633
-1,5	2,189637737	1,560321992	1,116442199	0,818785188	0,618015003
-1	3,549110356	2,146621233	1,38915867	0,957225782	0,69405294
-0,5	5,522686977	2,755312708	1,624969164	1,064681654	0,749202379
0	6,685070698	3,036694491	1,721641834	1,105920607	0,769548916
0,5	5,522686977	2,755312708	1,624969164	1,064681654	0,749202379
1	3,549110356	2,146621233	1,38915867	0,957225782	0,69405294
1,5	2,189637737	1,560321992	1,116442199	0,818785188	0,618015003
2	1,417335823	1,124836316	0,87423558	0,680349519	0,535611633
2,5	0,973339848	0,826393487	0,682787053	0,558480583	0,457048472
3	0,703388368	0,623543074	0,538263413	0,45795132	0,387443385
3,5	0,52961038	0,483151705	0,430397443	0,377501087	0,328269299
4	0,412077851	0,383446858	0,349494775	0,313815884	0,279040703
4,5	0,32924501	0,310735343	0,288081412	0,263413603	0,23847775
5	0,268837739	0,256382333	0,240774521	0,223307874	0,20513223
5,5	0,223509004	0,214839544	0,203778538	0,191132788	0,177664453
6	0,188666202	0,182455785	0,174420274	0,165076458	0,154935977
6,5	0,161328659	0,156768422	0,150802079	0,143769134	0,136018368
7	0,139497903	0,136076811	0,131560618	0,126177661	0,120169587
7,5	0,12179554	0,119180482	0,115703023	0,111520093	0,106801832
8	0,107247032	0,105214828	0,102496075	0,099200784	0,095450629
8,5	0,09514818	0,09354563	0,091390843	0,088762349	0,085748461
9	0,084980216	0,083699859	0,081970956	0,079850495	0,077403479
9,5	0,076354337	0,075319329	0,073916659	0,072188317	0,070182775
10	0,068974623	0,068129048	0,066979537	0,065557466	0,06389942



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 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 36 di 61

Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a $3 \mu\text{T}$, fissato dal DPCM del 08/07/2003

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)

Il calcolo della D.p.a. per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore all'obiettivo qualità di $3 \mu\text{T}$.

Si rileva che il valore del campo magnetico massimo prodotto dall'elettrodotto e stimato in corrispondenza dell'asse centrale ad altezza suolo e quindi sul piano di calpestio, nel tratto di sezione in cui è presente solo una terna assume un valore pari a circa $2,32 \mu\text{T}$, mentre nel caso più gravoso assume valore di circa $6,69 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma e inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Utilizzando i dati forniti dai grafici allegati, si evince che per l'elettrodotto MT interno sarà assoggettato ad una fascia di rispetto poiché il valore massimo del campo elettromagnetico ad h=suolo risulta essere superiore ai $3 \mu\text{T}$.

Al fine di garantire il rispetto dell'obiettivo di qualità, per l'elettrodotto MT interno:

- lungo la tratta a singola terna, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 2,00 m (2 x 1,00 m), centrata sull'asse del cavidotto;
- lungo la tratta a doppia terna, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,00 m (2 x 1,50 m), centrata sull'asse del cavidotto;
- lungo la tratta a triplice terna, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 4,00 m (2 x 2,00 m), centrata sull'asse del cavidotto.

All'interno della fascia di rispetto appena definita non esistono recettori sensibili (strutture abitate da persone per un tempo superiore alle 4 ore) e in tale area sarà consentita la sola presenza di personale che abituali manutenzioni ed eventuali operazioni di manutenzione svolte in un tempo modesto. Si può affermare che non sussistono pericoli per la salute umana.

Si vuole ricordare però che sia l'obiettivo qualità di 3 µT che il limite di attenzione di 10 µT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Inoltre data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, 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.

3.4 Power Station

All'interno del Campo Fotovoltaico sono presenti n. 8 Power Station.

Di queste, n. 6 unità sono comprensive di n. 1 Quadro MT (QMT), di n°1 Trasformatore potenza pari a 6000 kVA con rapporto di Trasformazione 30/0,800 kV, n.1 QBT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto.

A completamento, si rileva n. 2 unità comprensiva di n. 1 Quadro MT (QMT), di n°1 Trasformatore potenza pari a 3000 kVA con rapporto di Trasformazione 30/0,800 kV, n.1 QBT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto.

La fascia di rispetto della cabina di trasformazione dell'impianto è calcolata sulla base della metodologia di calcolo semplificato descritta nel DM 29/05/08 pubblicata sulla gazzetta ufficiale n.156 del 5 luglio 2008 S.O. n. 160) mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione D.p.a., ottenuta applicando la seguente formula:

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{I} * x^{0,5241}$$

Dove:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore) [A];

x = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m];

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 38 di 61

Di fatto i Power Station, sono assimilabili a cabine secondarie di trasformazione.

In ottemperanza al DM 29/05/08 precedentemente citato, è stata prevista una fascia di rispetto espressa a titolo cautelativo mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione. In particolare, la D.p.a. è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti del power center, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (x), ossia conduttore più isolante.

Considerando la taglia da 6000 kVA, il cui valore della corrente lato BT è $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = 4330,1 \text{ A}$ alla tensione di 800 V e supponendo che i cavi in uscita al trasformatore abbiano una sezione pari a 240 mm², con più conduttori in parallelo e diametro esterno pari a circa 41 mm, si ottiene una D.P.A. pari a:

$$\text{D.p.a.} = 0,40942 * \sqrt{4330,1} * (0,041)^{0,5241} = 5,051 \text{ m}$$

arrotondata per eccesso a D.p.a. = 6 m.

Saranno pertanto previste attorno ai Power Center delle fasce di terreno di 6 m mantenuta libera da qualsiasi struttura. All'esterno di quest'area il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3 µT riferendoci alla corrente in bassa tensione del trasformatore della tipica power station prevista a progetto. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Come previsto nel progetto, non sussistono attività permanenti all'interno D.p.a. indicato e quindi non vi sono pericoli di esposizione ai campi elettrici e magnetici.

La zona adiacente sarà di transito e non di permanenza di persone; potrà essere occasionalmente occupata da personale Tecnico nei momenti di controllo, manutenzione ed attività eseguite nel rispetto dei programmi di sicurezza, valutata nella globalità dei rischi professionali aziendali. Analogo procedimento per la sicurezza dovrà essere adottato dal responsabile della sicurezza dell'impianto produttore, in modo da escludere, dalla suddetta zona di rispetto, le attività con elevato tempo di permanenza del personale.

Il calcolo per il trasformatore di taglia inferiore viene omissis in quanto l'analisi produrrebbe un valore di D.p.a. sicuramente più basso rispetto a quello ottenuto dal caso peggiore analizzato. Quindi la scelta di adottare una distanza di prima approssimazione pari a 6 m per tutte le tipologie di trasformatore interne al parco fotovoltaico rispetta ampiamente l'obiettivo qualità di 3 µT.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 39 di 61

Pertanto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la D.p.a. (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Le linee MT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei paragrafi precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

Relativamente alla cabina di sezionamento e partenza d'impianto, si fa notare come tale cabina secondaria consista in una cabina di smistamento e non di trasformazione.

Pertanto, secondo quanto indicato dalla norma, la D.p.a. (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Le linee MT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei paragrafi precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 40 di 61



3.5 Elettrodotto Esterno

L'elettrodotto esterno, atto al vettoriamento dell'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico alla Sottostazione di Utenza si compone di un'unica tratta in soluzione interrata della estensione di circa 2.000 m.

Il tratto di elettrodotto, tracciato di colore giallo, è così definito:



La tabella che segue mostra la configurazione scelta e le caratteristiche di posa:

TRATTO		N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRDOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
CABINA SEZIONAMENTO	S.S.E.U.	4	2.039	Trifoglio / Interr. a 1,5 m	ARE4H5E	3x1x500	30.000

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 41 di 61

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella successiva tabella considerando una posa a trifoglio interrata a 1,0 m, temperatura del terreno di 20°C e resistività termica del terreno $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$.

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è $I_0 = 624 \text{ A}$.

ARE4HE COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$\rho=1 \text{ }^{\circ}\text{C m/W}$	$\rho=2 \text{ }^{\circ}\text{C m/W}$
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

DATI COSTRUTTIVI - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370	186	175	134
70	9,7	20,8	29	650	380	230	214	164
95	11,4	22,1	30	740	400	280	256	197
120	12,9	23,2	32	840	420	323	291	223
150	14	24,3	33	930	440	365	325	250
185	15,8	26,1	35	1090	470	421	368	283
240	18,2	28,5	37	1310	490	500	427	328
300	20,8	31,7	42	1560	550	578	483	371
400	23,8	34,9	45	1930	610	676	551	423
500	26,7	37,8	48	2320	650	787	627	482
630	30,5	42,4	53	2880	700	916	712	547

DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento → K_{temp_amb}
- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro → K_{terne}
- Profondità di posa della terna di cavi → K_{posa}
- Resistenza termica del terreno → $K_{resistenza}$

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento		temperature ambiente (°C)								
T. conduttore	Tipo di cavo	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)			
0,8	1	1,2	1,5
1,02	1	0,98	0,96

Resistenza termica (km/W)			
0,8	1	1,2	1,5
1,08	1	0,93	0,85

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:
 $r=1,0 K \cdot m/W$ per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;
 $r=1,5 K \cdot m/W$ per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

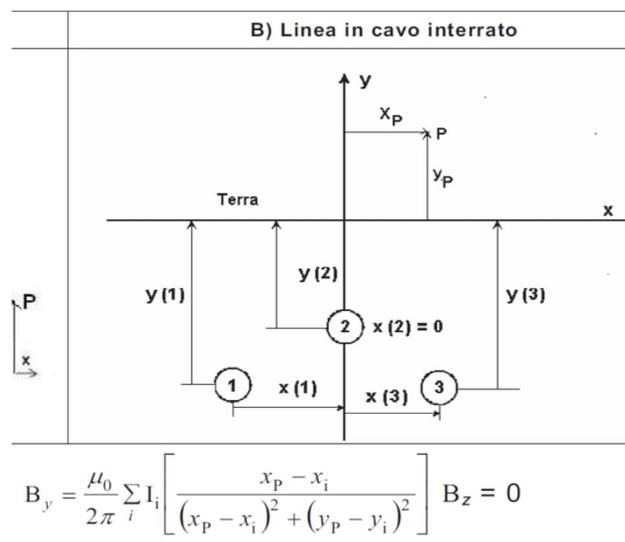
distanza tra cavi o terne	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
cm	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto il valore della portata di corrente a regime che può viaggiare nel cavo in media tensione, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

$$I_z = I_0 * K_{temp_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 624 \text{ A} * 0,96 * 0,86 * 0,96 * 0,85 = 437,90 \text{ A}$$

Per tener conto della presenza di una terna nella 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, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.



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 per il modello, un sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicoidali, in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, ossia:

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

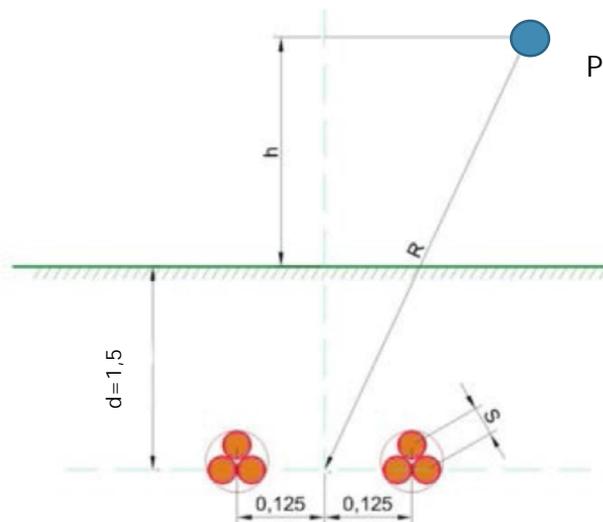
dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari ad I [A].



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

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne e fissando l'asse centrale come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2}$$



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.

Facendo riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definito dalla norma CEI 11-17, sono state calcolate le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso, fissando vari valori di altezza h .

Ai fini del calcolo è stato preso in esame il caso di due terne di cavi con sezione del singolo conduttore pari a 500 mm^2 , per cui le condizioni operative sono le seguenti:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{36 \text{ MW}}{\sqrt{3} * 30.000 \text{ V} * 1} = 692,82 \text{ A} < 2 * 420,38 = 840,76 \text{ A}$$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 45 di 61



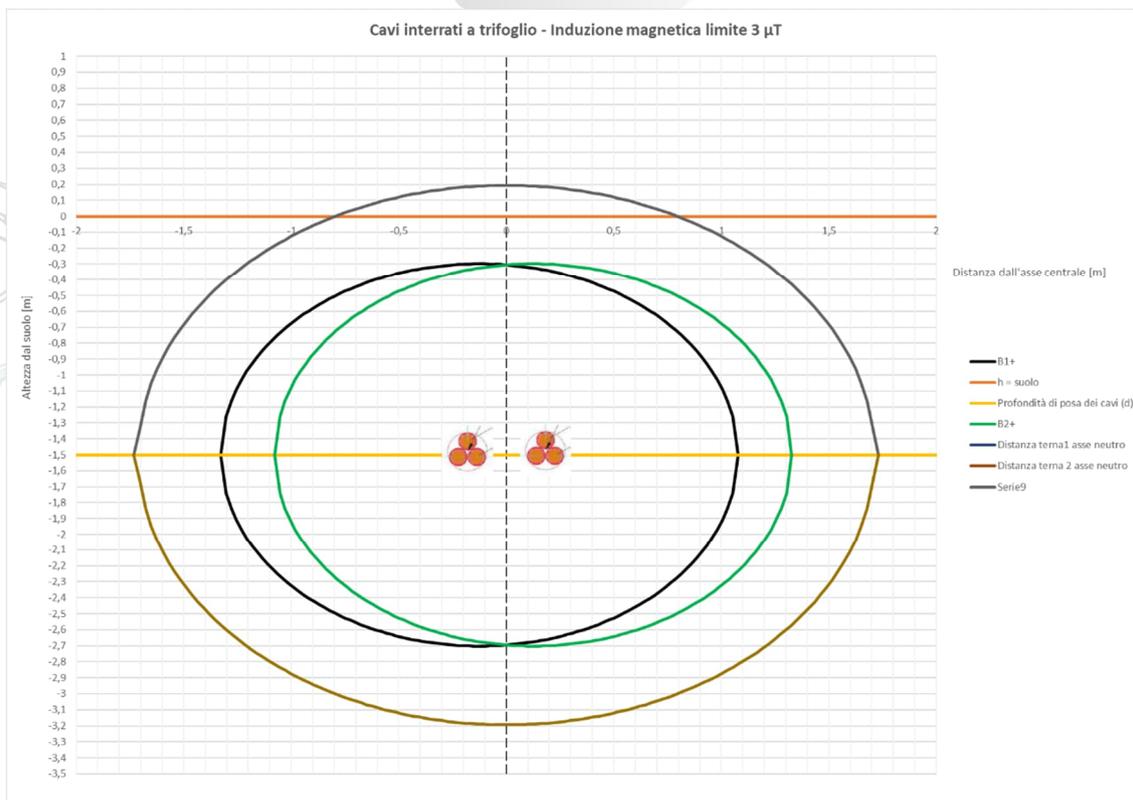
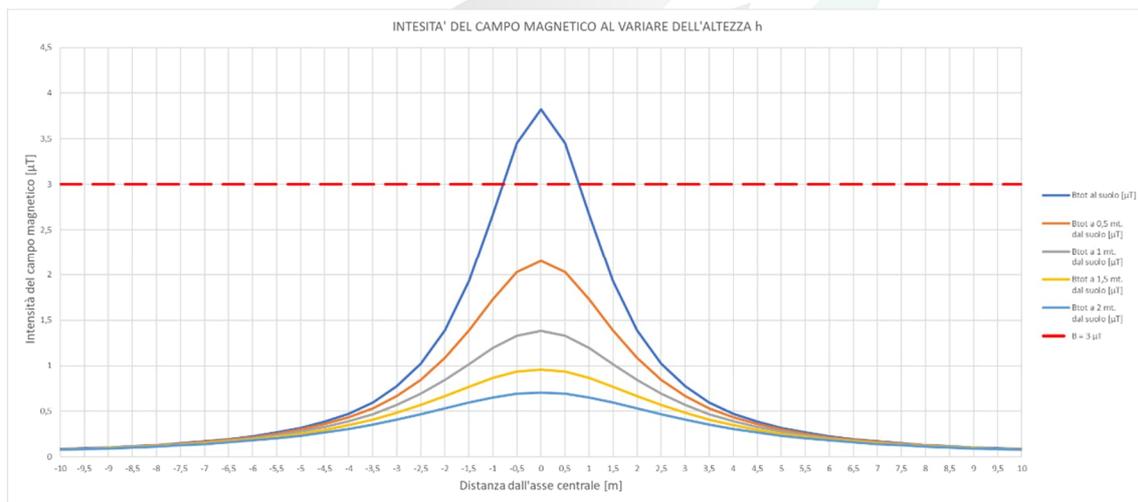
Profondità di posa dei cavi	-1,5 m
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,125 m
Distanza terna 2 dall'asse y	+0,125 m
Sezione terna 1	3x1x500 mm ²
Sezione terna 2	3x1x500 mm ²
Portata nominale terna 1+2	692,82 A
Portata corretta terna 1+2	840,76 A

La tabella alla pagina successiva mostra i valori della distribuzione con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:



DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,084683025	0,083256623	0,081491827	0,079433944	0,077132079
-9,5	0,093613317	0,091873198	0,089728798	0,087240113	0,084471365
-9	0,104020253	0,10187602	0,099245774	0,09620994	0,092853365
-8,5	0,116244498	0,113572944	0,110313475	0,106575308	0,102471727
-8	0,130729594	0,127360104	0,123275139	0,118625097	0,113562869
-7,5	0,14806101	0,143753141	0,138569831	0,132721264	0,126416034
-7	0,16902328	0,163431588	0,156764245	0,149319588	0,14138523
-6,5	0,194685249	0,187302719	0,17859623	0,168996121	0,158902772
-6	0,226529865	0,216594535	0,205034279	0,192480004	0,179493261
-5,5	0,266656162	0,252992496	0,237358019	0,2206921	0,203785058
-5	0,318100769	0,298841735	0,277264353	0,254785573	0,232512831
-4,5	0,385361211	0,357445164	0,326999462	0,296176675	0,26649834
-4	0,475264691	0,433493571	0,389500873	0,346537007	0,3065856
-3,5	0,598427625	0,533647237	0,468488593	0,40768446	0,353489928
-3	0,771685349	0,667184319	0,568331043	0,481249638	0,407501114
-2,5	1,021870006	0,846240529	0,693263376	0,567911174	0,467975556
-2	1,390197503	1,083982274	0,845108606	0,665951761	0,532606222
-1,5	1,929985407	1,386310416	1,018340243	0,769117349	0,596651351
-1	2,665955236	1,729902738	1,192636041	0,864687213	0,652668985
-0,5	3,449007467	2,030751801	1,328832407	0,934266441	0,69160353
0	3,820132194	2,155327502	1,381344559	0,959998558	0,705629514
0,5	3,449007467	2,030751801	1,328832407	0,934266441	0,69160353
1	2,665955236	1,729902738	1,192636041	0,864687213	0,652668985
1,5	1,929985407	1,386310416	1,018340243	0,769117349	0,596651351
2	1,390197503	1,083982274	0,845108606	0,665951761	0,532606222
2,5	1,021870006	0,846240529	0,693263376	0,567911174	0,467975556
3	0,771685349	0,667184319	0,568331043	0,481249638	0,407501114
3,5	0,598427625	0,533647237	0,468488593	0,40768446	0,353489928
4	0,475264691	0,433493571	0,389500873	0,346537007	0,3065856
4,5	0,385361211	0,357445164	0,326999462	0,296176675	0,26649834
5	0,318100769	0,298841735	0,277264353	0,254785573	0,232512831
5,5	0,266656162	0,252992496	0,237358019	0,2206921	0,203785058
6	0,226529865	0,216594535	0,205034279	0,192480004	0,179493261
6,5	0,194685249	0,187302719	0,17859623	0,168996121	0,158902772
7	0,16902328	0,163431588	0,156764245	0,149319588	0,14138523
7,5	0,14806101	0,143753141	0,138569831	0,132721264	0,126416034
8	0,130729594	0,127360104	0,123275139	0,118625097	0,113562869
8,5	0,116244498	0,113572944	0,110313475	0,106575308	0,102471727
9	0,104020253	0,10187602	0,099245774	0,09620994	0,092853365
9,5	0,093613317	0,091873198	0,089728798	0,087240113	0,084471365
10	0,084683025	0,083256623	0,081491827	0,079433944	0,077132079

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 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a 3 μT , fissato dal DPCM del 08/07/2003

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)

Si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo in corrispondenza dell'asse centrale ad altezza suolo e quindi sul piano di calpestio, pari a 3,82 μT , di poco superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma e inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Il calcolo della D.p.a. per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore all'obiettivo qualità di 3 μT .

Utilizzando i dati forniti dal grafico allegato, si evince che per l'elettrodotto MT costituito da n. 2 terne di sezione 500 mm² viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 4,00 m (2 x 2,00 m), centrata sull'asse del cavidotto al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità.

All'interno della fascia di rispetto appena definita non esistono recettori sensibili (strutture abitate da persone per un tempo superiore alle 4 ore) e in tal e area sarà consentita la sola presenza di personale che effettuerà le sporadiche ed eventuali operazioni di manutenzione svolte in un tempo modesto. Si può affermare che non sussistono pericoli per la salute umana.

Si vuole ricordare però che sia l'obiettivo qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECNICO
ing.MarcoBALZANO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI BARI N. 9341

Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliera e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Inoltre data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, 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.



STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 50 di 61

3.6 Sottostazione Elettrica Utente (S.S.E.U.)

L'energia Elettrica Trifase in Media Tensione a 30 kV in uscita dall'Impianto dalle Cabine di Sezionamento e Partenza sarà convogliata presso la Stazione di Elevazione di Utenza, ubicata in prossimità della Stazione Terna a 150 kV.

Qui è previsto:

- 1) un ulteriore innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV;
- 2) la misura dell'energia prodotta;
- 3) Sistema di Protezione e Sezionamento

L'area occupata dalla sottostazione utente è opportunamente recintata e tale recinzione comprende tutta una zona di pertinenza intorno alle apparecchiature, per permettere le operazioni di costruzione e manutenzione con mezzi pesanti.

Per questo motivo nel Decreto 29-05-2008 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, si evidenzia che generalmente la fascia di rispetto rientra nei confini della suddetta area di pertinenza, rendendo superflua la valutazione.

Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo ed il gruppo elettrogeno.

È prevista altresì la realizzazione di uno stallo di trasformazione e di uno stallo di linea con Stallo di linea con apparecchiature di misura, controllo, protezione e collegamento in cavo interrato alla stazione 150 kV della rete elettrica nazionale.

Il trasformatore 30/150 kV avrà potenza nominale di 36/45 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali. Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

- scaricatori di tensione;
- sezionatore tripolare con lame di terra;
- trasformatori di tensione induttivi per misure e protezione;
- interruttore tripolare 150kV;
- trasformatori di corrente per misure e protezione;
- trasformatori di tensione induttivi per misure fiscali.

L'area della sottostazione sarà delimitata da una recinzione con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato).

La finitura del piazzale interno sarà in asfalto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 51 di 61

In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 150/30 kV, a titolo di mera verifica, 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 (D.p.a.):

- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;
- Sbarre A.T. a 150 kV in aria;

Per quel che concerne le linee MT entranti in questione si fa riferimento alle fasce di rispetto prese in esame nei paragrafi precedenti.

Le sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza di circa 4,5 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Lo studio è stato svolto considerando non soltanto la potenza dell'impianto ma, come caso peggiorativo, considerando anche la potenza massima che la sottostazione può trasferire allo stallo terna comprensivo di eventuali altri produttori.

Nel caso in esame abbiamo:

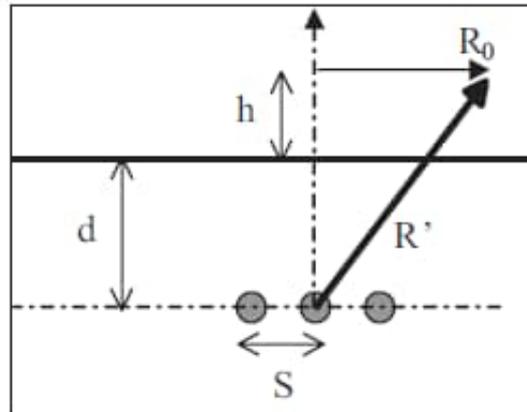
- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m;
- Pn = Potenza massima dell'impianto (214 MW);
- Vn = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV);

Pertanto, si avrà una Corrente I pari a 823,69 A.

Utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a 3 µT:

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 52 di 61



$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

$$R' = 14,47 \text{ m}$$

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 D.p.a., 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 (D.p.a.) da linee e cabine elettriche" riporta le D.p.a. 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 del 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 15 m dal centro sbarre AT
- circa 4 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 agli allegati tecnici.

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.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 53 di 61

Le aree esterne alla stazione ad alta tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti.

In conclusione:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (D.p.a.) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;
- la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio congruo.
- all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della cabina di trasformazione è trascurabile.

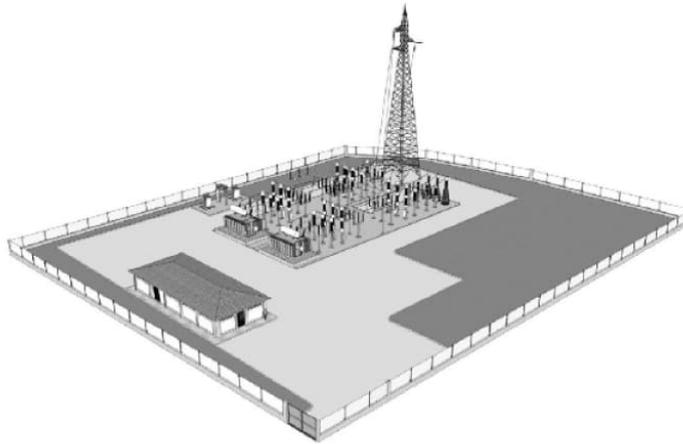
Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 54 di 61



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/IUN

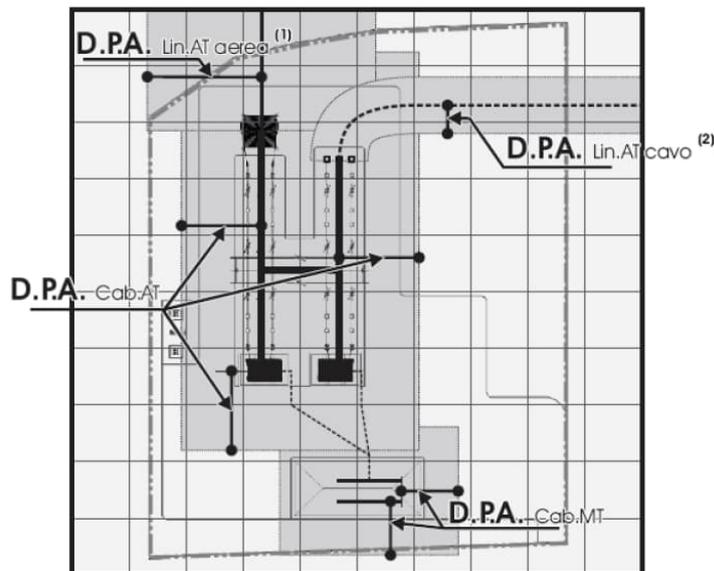
A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

-  $< 3\mu T$
-  $> 3\mu T$

- (1) Per la D.P.A. Linea AT aerea vedi schede da A1 a A8
(2) Per la D.P.A. Linea AT in cavo interrato vedi schede A14 e A15



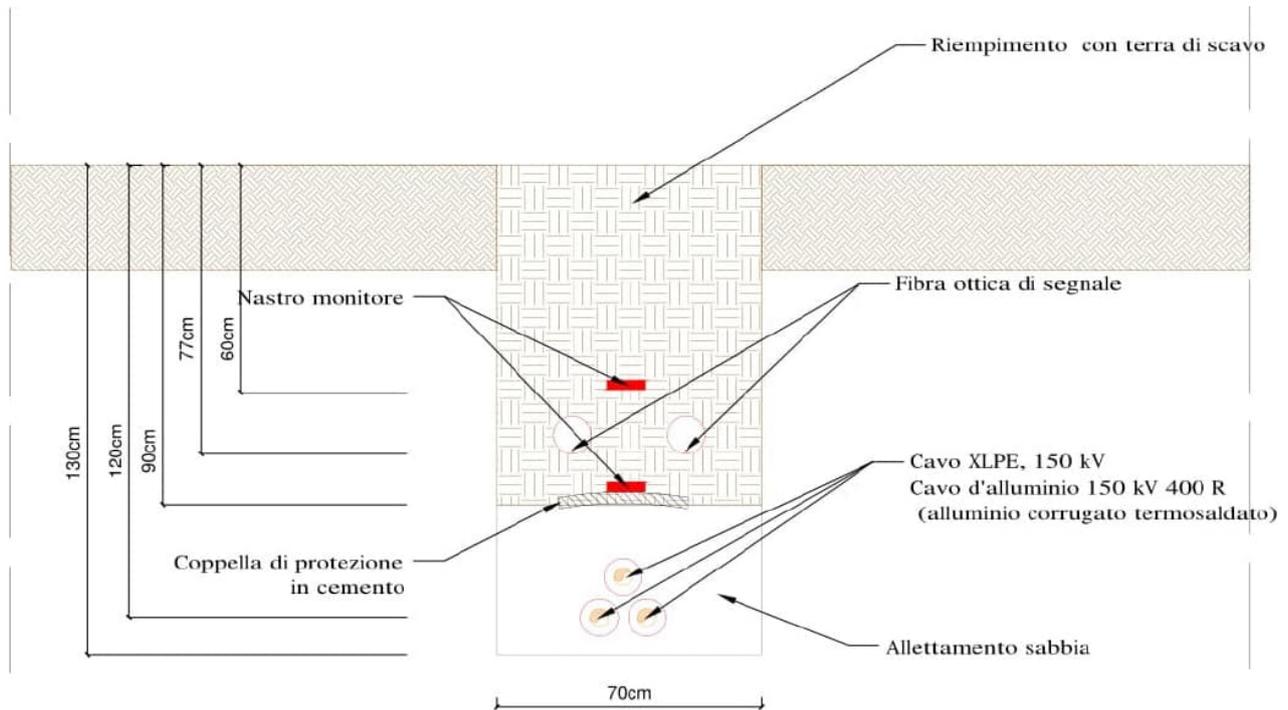
Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

3.7 Linea Elettrica AT di Collegamento a Terna S.p.A.

Nel Caso della Linea AT a 150 kV in Uscita dalla Sottostazione Elettrica di Utenza (S.S.E.U.) per l'attestazione su Stallo predisposto nella Sottostazione Terna S.p.A., trattasi di Linea Interrata con Cavi disposti a Trifoglio ed Interrati ad una profondità di 160 cm al di sotto del Piano di Campagna

DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

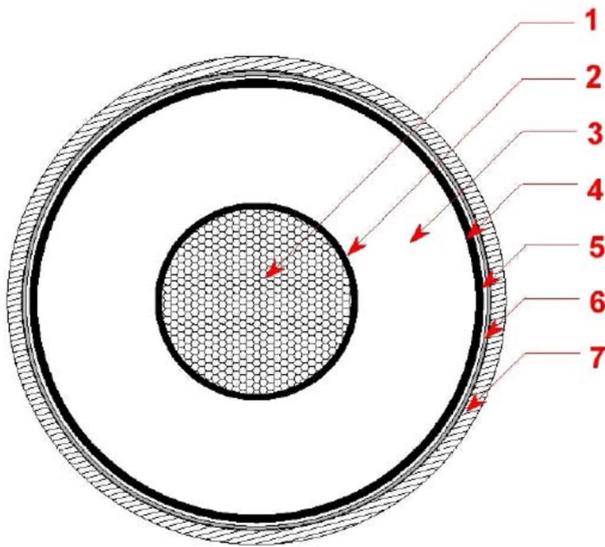
Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"cross bonding" o "single point-bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,60 m
Formazione	Una terna a Trifoglio o in Piano
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitorare in PVC – profondità	1,00 m circa



Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1200 mm² tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietereicolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietene con grafitatura esterna.



Linea	Potenza trasmessa ²	Portata in servizio nominale	Sezione conduttore	Sezione schermo	Diametro cavo	Portata al limite termico del cavo
	[MW]	[A]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[A]
Tra Sottostazione 150/30 kV e stazione di smistamento 150 kV	300	1283	3x1x1200	170	95	1315



1	Conduttore compatto di Alluminio
2	Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3	Isolante
4	Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5	Barriera igroscopica
6	Schermo metallico
7	Guaina esterna termoplastica

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

Lo studio è stato svolto considerando non soltanto la potenza dell'impianto ma nel caso peggiorativo ovvero considerando la potenza massima che la sottostazione può trasferire allo stallo terna comprensivo di eventuali altri produttori.

Detto ciò tale D.p.a. è stata calcolata considerando una Portata di $I = 1.110$ A sovrastimando rispetto al nostro caso in cui la portata assume un valore $I = 823,69$ A.

Per questa Tipologie di Linee l'Allegato A alle Linee Guida per l'Applicazione del Paragrafo 5.1.3 del DM 29.05.08 "Distanza di Prima approssimazione (D.p.a.) da Linee di Cabine Elettriche" redatto da Enel Distribuzione, prevede una D.p.a. pari a 3.1 metri.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 58 di 61

I relativi valori di correnti risultano, quindi, molto sovradimensionati rispetto ai valori di corrente generati dalla presenza del solo impianto fotovoltaico, per tenere in considerazione eventuali ampliamenti futuri e la connessione di ulteriori produttori alla stessa sottostazione 150/30 kV.

Per tale motivo, considerando l'interramento del Linea AT ad una profondità di 1,6 metri, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della Linea AT di Collegamento a Terna sia Trascurabile.

RIFERIMENTI DI CALCOLO



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

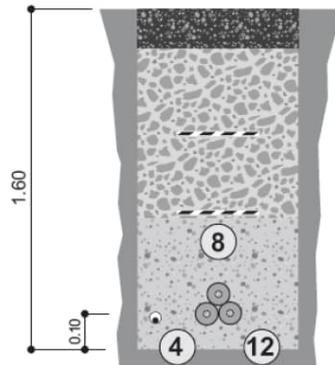
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/TUN

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A13	22.8 mm 307.75 mm²		576	22	A13a
			444	19	A13b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	27	A13c
			675	23	A13d
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) Scheda A14	108 mm 1600 mm²		1110	5.10	A14
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) Scheda A15	108 mm 1600 mm²		1110	3.10	A15
CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA Scheda A16	Distanza tra le fasi AT = 2.20 m		870	14	A16
	Distanza tra le fasi MT = 0.37 m		2332	7	



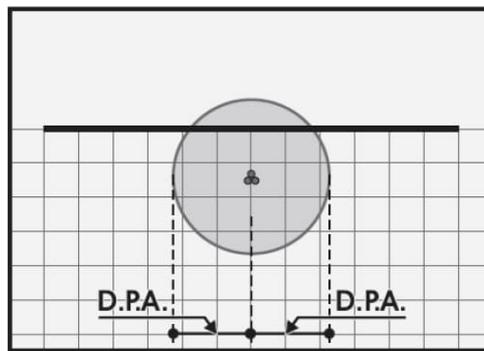
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
 QSA/IUN

A15 - CAVI INTERRATI - Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

- $< 3\mu T$
- $> 3\mu T$



CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	3.10	A15

4. Conclusioni

Come evidenziato nello studio analitico condotto e nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti, sono state individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone in riferimento alle opere da realizzare.

Sulla base dei risultati, alla luce della normativa vigente, sono state individuate 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.

Considerando che all'interno di queste non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione di un impianto fotovoltaico in oggetto e delle opere di connessioni rispettano la normativa vigente.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV634-V.04	Relazione Campi Impatti Elettromagnetici	02/12/2022	R0	Pagina 61 di 61