


# COMUNE DI BRINDISI



Realizzazione di un impianto Agrovoltaico della potenza in DC di 19,109 MW e AC di 16,128 MW, denominato "SICILIA", in località Specchia nel comune di Brindisi e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN), nell'ambito del procedimento P.U.A. ai sensi dell'art. 27 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

ELABORATO: Relazione impatto elettromagnetico  NOME DOCUMENTO: SIC_21_Relazione impatto elettromagnetico	<b>Relazione impatto elettromagnetico</b>	DATA: Settembre 2021
		POTENZA DC 19,109 MW  POTENZA AC 16,128 MW
		SCALA :

TIMBRO E FIRMA	<b>TECNICO:</b> Ing. Giorgio Vece Ingveprogetti s.r.l.s 72023 Mesagne - Via Geofilo 7	<b>SVILUPPATORE</b>  <b>enne. pi. studio s.r.l.</b> 70132 Bari - Lungomare IX Maggio, 38 Tel. + 39.080.5346068 e-mail: <a href="mailto:pietro.novielli@ennepistudio.it">pietro.novielli@ennepistudio.it</a>
----------------	--	--

	02				
	01				
	00	Prima emissione	Ing. Giorgio Vece	Ing. Giorgio Vece	SICILIA SRL
N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO



## SICILIA SRL

PEC: [sicilia\\_srl@pec.it](mailto:sicilia_srl@pec.it) T: +39 02 45440820

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. GENERALITA' SULL'IMPIANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>4. DATI GENERALI COMMITTENTE</b> .....	<b>7</b>
4.1. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA RETE DI COLLEGAMENTO .....	8
4.2. DATI RELATIVI AL POSIZIONAMENTO DEL GENERATORE FV .....	8
<b>5. CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO</b> .....	<b>8</b>
5.1. IMPATTO DERIVANTE DA CAMPI ELETTROMAGNETICI ED INTERFERENZE (R.R.16/2006, ART.10 C.1 LETT. E) ....	8
5.2. CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO .....	10
5.3. MODULI FOTOVOLTAICI .....	10
5.4. CAVIDOTTO DI PROGETTO .....	11
5.5. INVERTER.....	11
<b>6. CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSE</b> .....	<b>14</b>
<b>7. ANALISI DEI RISULTATI</b> .....	<b>23</b>
<b>8. CONCLUSIONI</b> .....	<b>24</b>

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

## 1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agrovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi. Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaico fisso a terra di potenza elettrica DC pari a 19.109 kWp e potenza AC pari a 16.128 kWp.

L'impianto, da realizzarsi nel comune di Brindisi in località "SPECCHIA", sorgerà su un'area agricola (zona "E" del PRG) estesa per circa mq 168.092, distinta al catasto al fg 179 p.la 62, 63, 67, 179, 183, 243, 328.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM (*Ministero dell'ambiente del Territorio e della Tutela del Mare*) del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione la condizione maggiormente significativa al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 15 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo. Si fa presente che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.

## 2. NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento adoperate per la progettazione e l'installazione degli impianti fotovoltaici sono:

- Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- [4] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- [5] Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo."
- [6] DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO “SICILIA” – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

- determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici; in particolare, la CEI EN 61215 per moduli al silicio cristallino;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e per il convertitore c.c./c.a.;
- UNI 10349, o Atlante Europeo della Radiazione Solare, per il dimensionamento del campo fotovoltaico.

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l’esposizione dei campi elettromagnetici include:

- Legge 22/2/01 n°36 - la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- DPCM 8 Luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l’esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l’emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003. Nel DPCM 8 Luglio 2003 “*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*”, vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all’esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l’induzione magnetica:

*“Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l’induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” [art. 3, comma 1];*

*“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*

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

*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  $\mu$ 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  $\mu$ 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]*

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 $\mu$ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto in progetto trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 19.109 kW).

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: *"Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz".*

L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	---	-------------

**Tabella 1** Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

**Tabella 2** Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

**Tabella 3** Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

### 3. GENERALITA' SULL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza elettrica DC pari a 19.109 kWp e potenza AC pari a 16.128 kWp da realizzarsi nel comune di Brindisi in località "SPECCHIA" su un'area agricola (zona "E" del PRG) estesa per circa mq 168.092, distinta al catasto al fg 179 p.lla 62, 63, 67, 179, 183, 243, 328.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

L'impianto agrovoltaico sarà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna con la sezione a 150 kV del futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di "Brindisi Sud" (STMG di cui al protocollo TERNA n. P20180038307 del 07-12-2018 codice pratica 201800489).

Quindi l'impianto agrovoltaico, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 3,76 km uscente dalla cabina di impianto alla tensione di 30kV, sarà collegato in antenna su unico stallo della sezione a 150 kV della stazione d'utenza; da questa, mediante un cavidotto a 150 kV, sarà connesso al futuro ampliamento della stazione elettrica della RTN a 380 kV "Brindisi Sud".

La stazione di utenza verrà realizzata in prossimità della stazione di rete di "Brindisi Sud" su un'area di circa 8.900 m<sup>2</sup> individuata catastalmente al foglio 179 particella 132 dello stesso comune di Brindisi e sarà costituita da una sezione a 150 kV con isolamento in aria.

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con moduli fotovoltaici composto da 156 celle fotovoltaiche in silicio ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva del modulo di 440 Wp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 43.431 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 19.109 kWp.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante convertitori statici trifase (inverter) alloggiati nelle cabine di campo.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 2500kVA, 3150KVA, avranno una tensione primaria, generata dai convertitori statici, di 600 Vac ed una tensione in secondaria (in elevazione) di 30kV. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con un inverter di competenza.

Le stringhe composte da più moduli verranno collegate alle cassette di parallelo stringa ubicate su appositi supporti alloggiati sotto le strutture, protetti da agenti atmosferici, e saranno realizzati in policarbonato ignifugo, dotato di guarnizioni a tenuta stagna, grado isolamento IP65, cercando di minimizzare le lunghezze dei cavi di connessione.

#### 4. DATI GENERALI COMMITTENTE

COMMITTENTE	SICILIA s.r.l.
SITO INSTALLAZIONE	Comune di Brindisi
OGGETTO DEI LAVORI	Fornitura e posa in opera di un impianto agrovoltaico da 19.109 kWp
SICUREZZA	Interfacciamento alla rete consentito a norme CEI e norme tecniche Enel Distribuzione e/o Terna. I convertitori statici e i quadri dovranno essere accessibili solo a personale autorizzato e specializzato.

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	<b>Sicilia Srl</b>
---	--	--------------------

#### 4.1. Dati di progetto relativi alla rete di collegamento

TENSIONE NOMINALE	30 kV ( in dipendenza delle indicazioni fornite dal Distributore di Energia)
FREQUENZA	50 Hz
POTENZA	19.109 kWp
RETE DI TERRA	Da realizzare
PROT. SCARICHE ATMOSFERICHE	Eventualmente da realizzare

#### 4.2. Dati relativi al posizionamento del generatore FV

Posizionamento del generatore FV: Installazione a terra (Non integrato architettonicamente)

Angolo di tilt dei moduli del generatore FV: 15°

## 5. CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO

### 5.1. Impatto derivante da campi elettromagnetici ed interferenze (R.R.16/2006, art.10 c.1 lett. e)

Il progetto prevede la realizzazione di un campo agrovoltico di complessivi 43.431 moduli da 440 Watt ciascuno, tra loro interconnessi con una rete in corrente continua e tensione fluttuante realizzata con linee posate entro in cavidotto interrato ad una profondità minima di 60 cm dal piano di calpestio.

La consegna dell'energia elettrica alla rete di trasmissione nazionale avverrà, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 3,76 km uscente dalla cabina di impianto alla tensione di 30 kV, sarà collegato in antenna su unico stallo della sezione a 150 kV della stazione d'utenza; da questa, mediante un cavidotto a 150 kV, sarà connesso al futuro ampliamento della stazione elettrica della RTN a 380 kV "Brindisi Sud".

Nei seguenti paragrafi verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale del cavidotto MT e nelle sue immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 10 m dal suo asse; la valutazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0 m, +1 m, +2 m e +3 m dal livello del suolo.



INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

Le simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo magnetico sono state elaborate con il software **"MoE" (Monitoraggio Elettrodotti) v.1.0** sviluppato dal CESI – *Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano* - utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

Per quanto riguarda il campo elettromagnetico generato dalle singole apparecchiature installate nelle cabine di trasformazione, non è stato eseguito il calcolo preventivo, si sottolinea comunque che tutte le apparecchiature installate rispetteranno i requisiti di legge e tutte le normative tecniche di prodotto riguardo la compatibilità e le emissioni elettromagnetiche.

Disposizioni legislative:

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

*"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci"* [art. 3, comma 1];

*"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  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio."* [art. 3, comma 2];

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	<b>Sicilia Srl</b>
---	--	--------------------

*“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  $\mu$ 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]*

L'obiettivo di qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3  $\mu$ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione che assumiamo pari a 19,109 MW.

## **5.2. Calcolo del campo elettrico e magnetico**

Il programma applicativo “MoE”, svolge tutte le funzioni che, partendo dai dati di input, consentono di ottenere i valori dell'induzione magnetica in corrispondenza dei siti monitorati; ovvero: la definizione dei parametri geometrici del sito e dell'elettrodotto, compreso il suo stato di funzionamento, il calcolo dell'induzione magnetica, la presentazione e l'archiviazione su file dei risultati dei calcoli effettuati.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

## **5.3. Moduli fotovoltaici**

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continua e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP 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 menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	<b>Sicilia Srl</b>
---	--	--------------------

#### 5.4. Cavidotto di progetto

È stata esaminata la situazione ritenuta più significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo magnetico: calcolo del campo magnetico generato dal tratto di cavidotto a 20 kV, dal campo agrovoltico al punto di connessione, con potenza elettrica trasmessa pari a 4,8 MW; si calcola quindi il seguente valore della corrente di esercizio, necessario al calcolo del campo magnetico generato dal cavidotto di progetto:

- cavo tripolare con carico da 4,8 MW → 136 A

(Per avere una minore intensità di corrente si potrebbe optare per un trasporto dell'energia con tensione di rete 30 kV).

#### 5.5. Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto 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).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)) Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

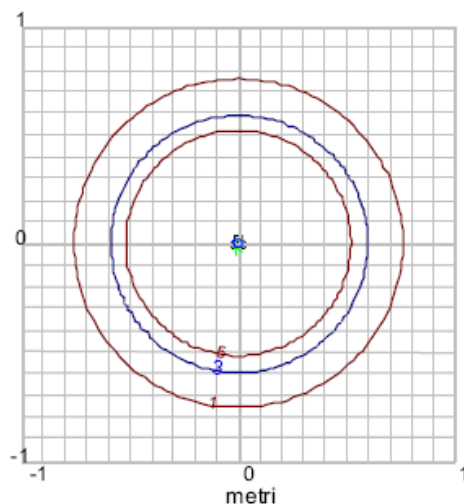
- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in superim-posizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserione dell'impianto fotovoltaico.
- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter

interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

- Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

### 3.6 Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a  $3 \mu\text{T}$ . La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo agrovoltico l'utilizzo di soli cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-solar. Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$ , anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ( $50 \div 80 \text{ cm}$ ) dall'asse del cavo stesso.



**Figura 1: Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)**

Si fa notare peraltro che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata.

Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	<b>Sicilia Srl</b>
---	--	--------------------

### 3.7 Cabine elettriche di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT. In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 2500/3150 kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica la formula:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale (A)

X = diametro dei cavi (m)

Considerando che I = 2673 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 3(6x240)mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 29,2 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

### 3.8 Cabina elettrica d'impianto

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT d'impianto, alla quale confluiscono i cavidotti MT provenienti dalle cabine di trasformazione, all'interno della quale, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT, in quanto in questo caso il trasformatore MT/bt è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari. La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 145 A. Mentre la massima corrente MT dovuta alla massima produzione è pari a circa 383 A.

Considerando che il cavo scelto in uscita dalla cabina d'impianto è (3x1x630), con un diametro esterno massimo pari a 58 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3 m.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

D'altra parte, anche nel caso in questione la cabina normalmente non è presidiata.

### **3.9 Altri cavi**

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

## **6. CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSE**

### **6.1 Linee elettriche in corrente alternata in media tensione**

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Visto l'impianto agrovoltico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica quella generata dal tratto di posa del cavo che evacua la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, posta in parallelo, alla distanza di circa 25 cm con una analoga terna di cavi MT che trasporta verso la medesima stazione di utenza, l'intera potenza di un impianto FV non lontano da quello in esame, caratterizzato dalle sezioni riportate in fig. 1.

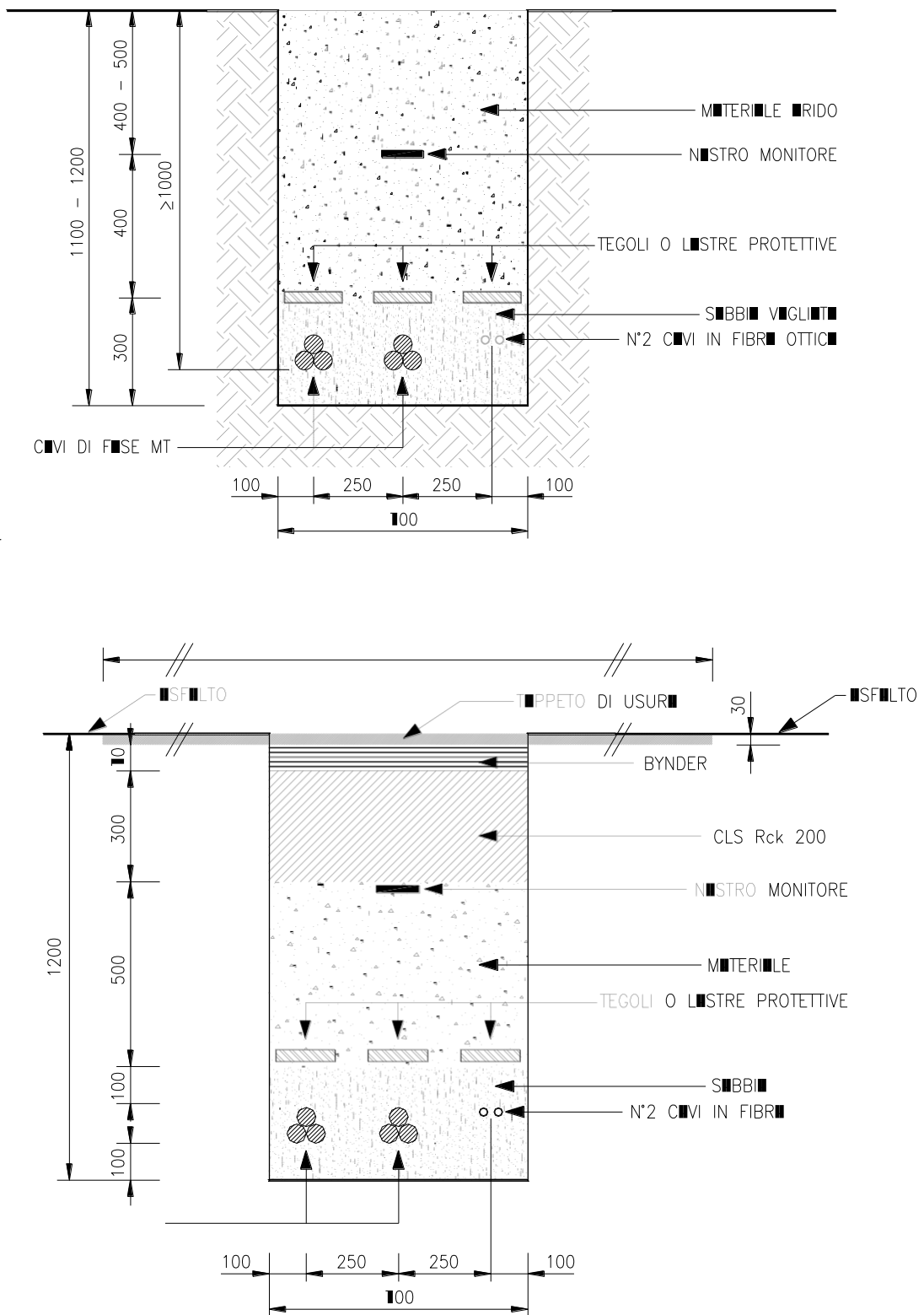


Fig 1

Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale

<b>INGVEPROGETTI s.r.l.s</b> Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	<b>Sicilia Srl</b>
---	--	--------------------

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 30 kV che trasferiscono l'intera potenza dei due impianti FV verso la stazione di utenza.

Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento della cabina d'impianto al quadro MT della stazione d'utenza, si prevede invece l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>, posati a trifoglio. La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi} = \frac{20 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 405 A$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 710 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze. Nella seguente figura 2 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, relative a due differenti impianti fotovoltaici, nella medesima trincea. Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo



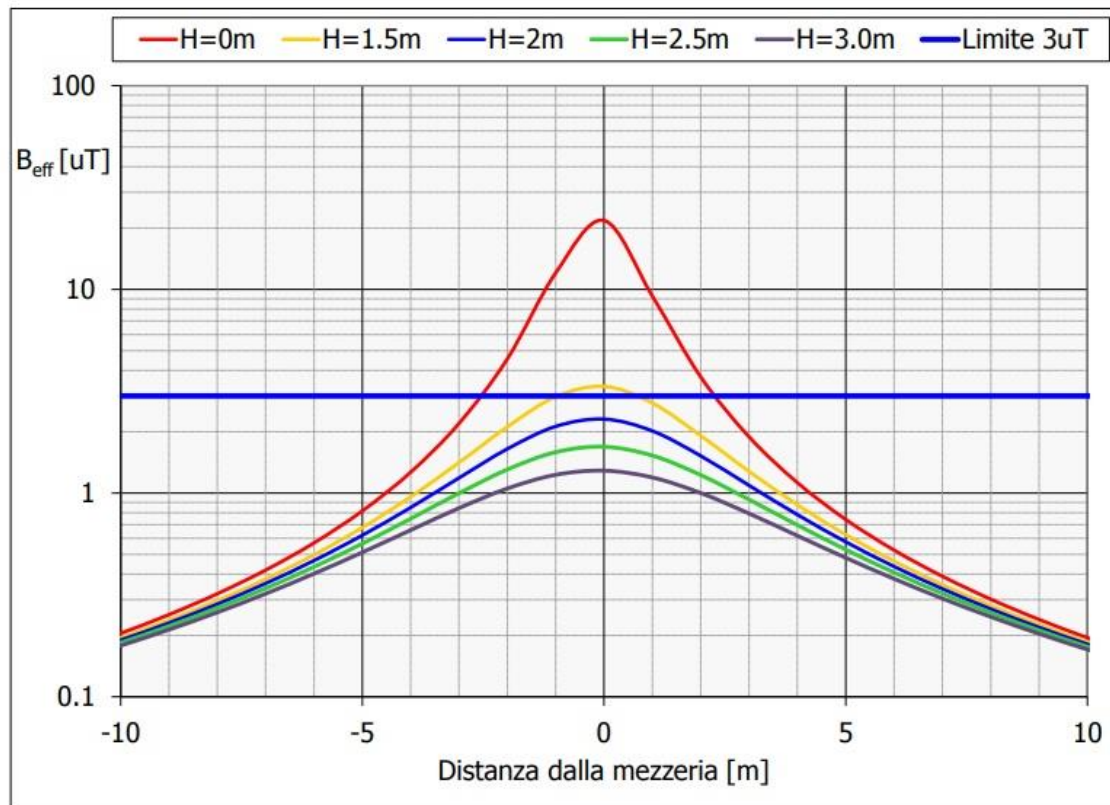


Fig. 2 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto. E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto agrovoltico, che, come detto, è pari a 405 A nelle condizioni di massima erogazione, per entrambe le terne. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove per ciascuna delle due terne si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 405 A. In tal caso il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

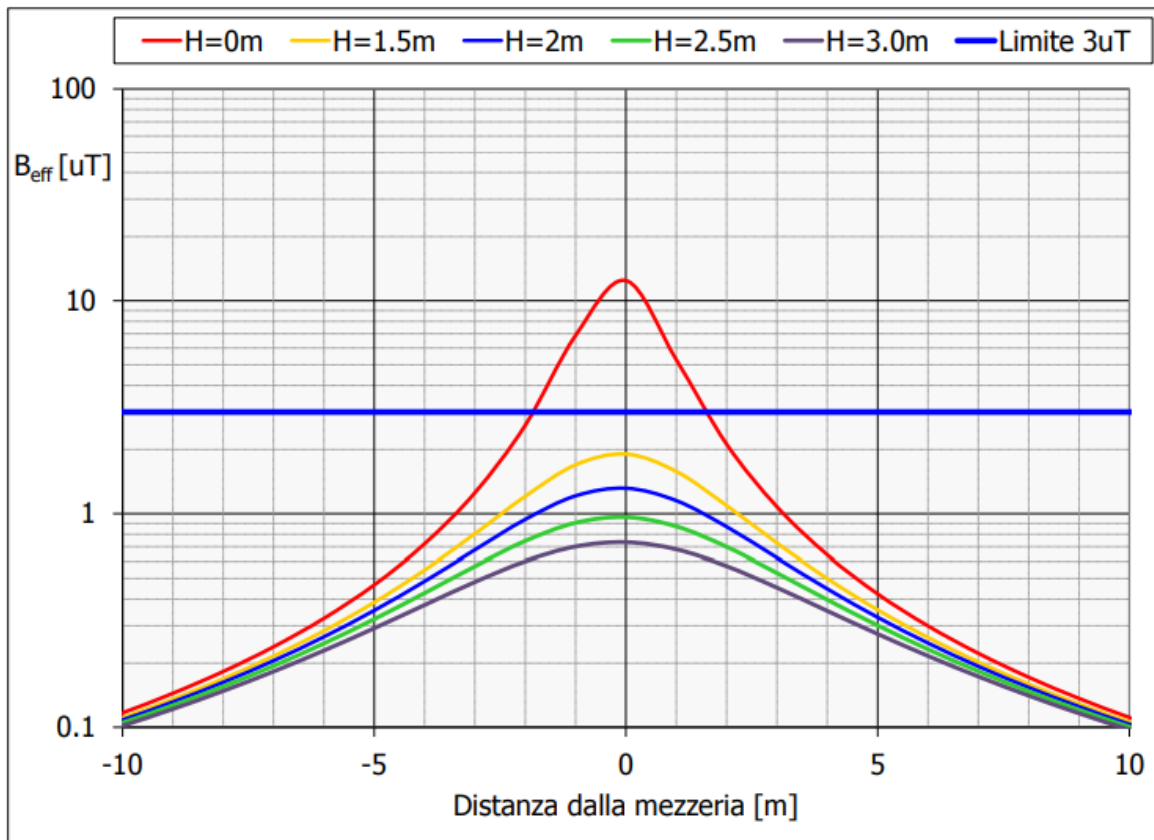
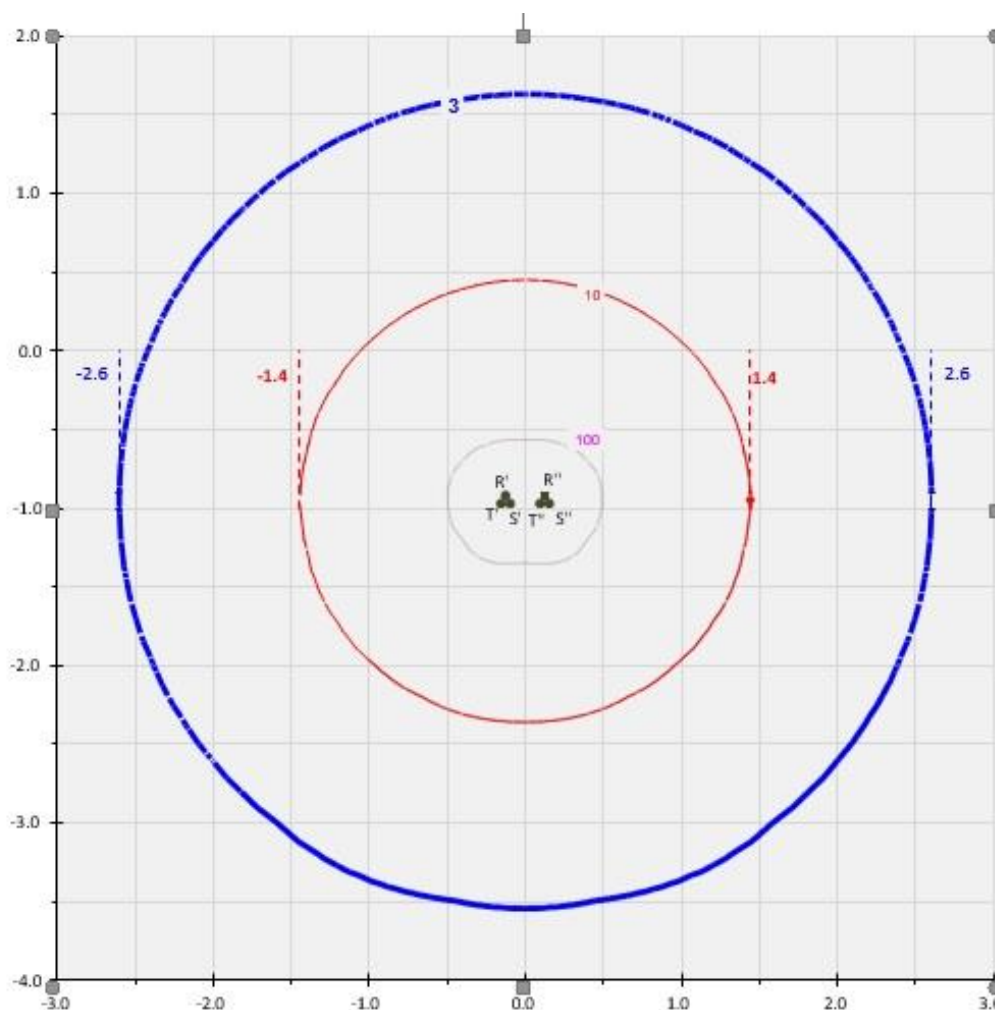


Fig. 3 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a  $3 \mu\text{T}$  in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è **esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata**.

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 250 mm alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 710 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.



**Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato da una linea MT posata a trifoglio ( $I_{max}=710^{\circ}$ ; formazione (3x1x630))**

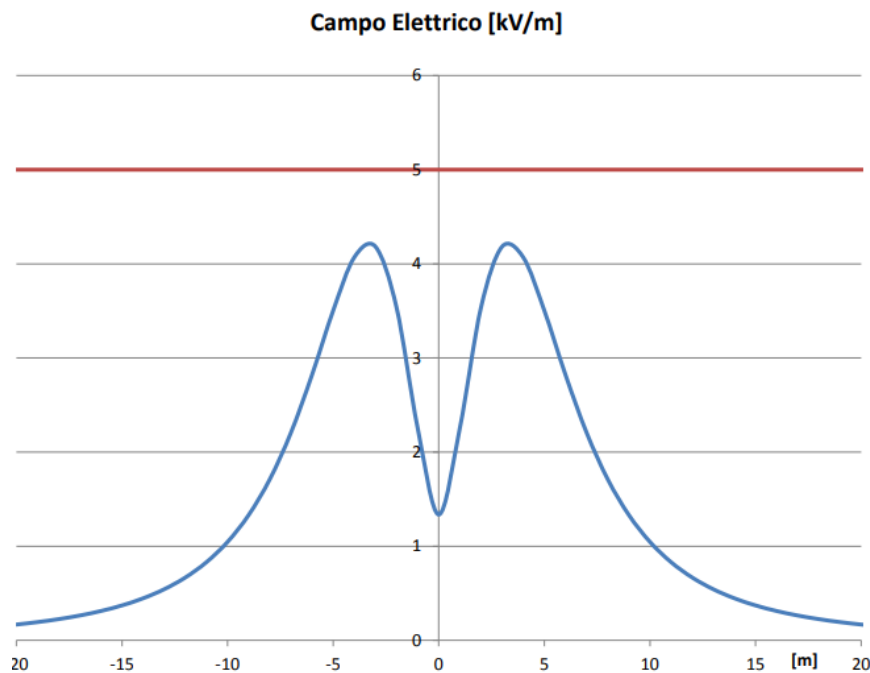
**Fig 4**

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

## 6.2 Stazione elettrica d'utenza

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati). I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza

delle apparecchiature AT a 150 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime.



*Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV*

**Fig.5**

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3  $\mu\text{T}$  a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea. I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

Con conduttori percorsi da una terna trifase equilibrata di correnti di 2000 A (corrente max sopportabile dalle sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura 6.

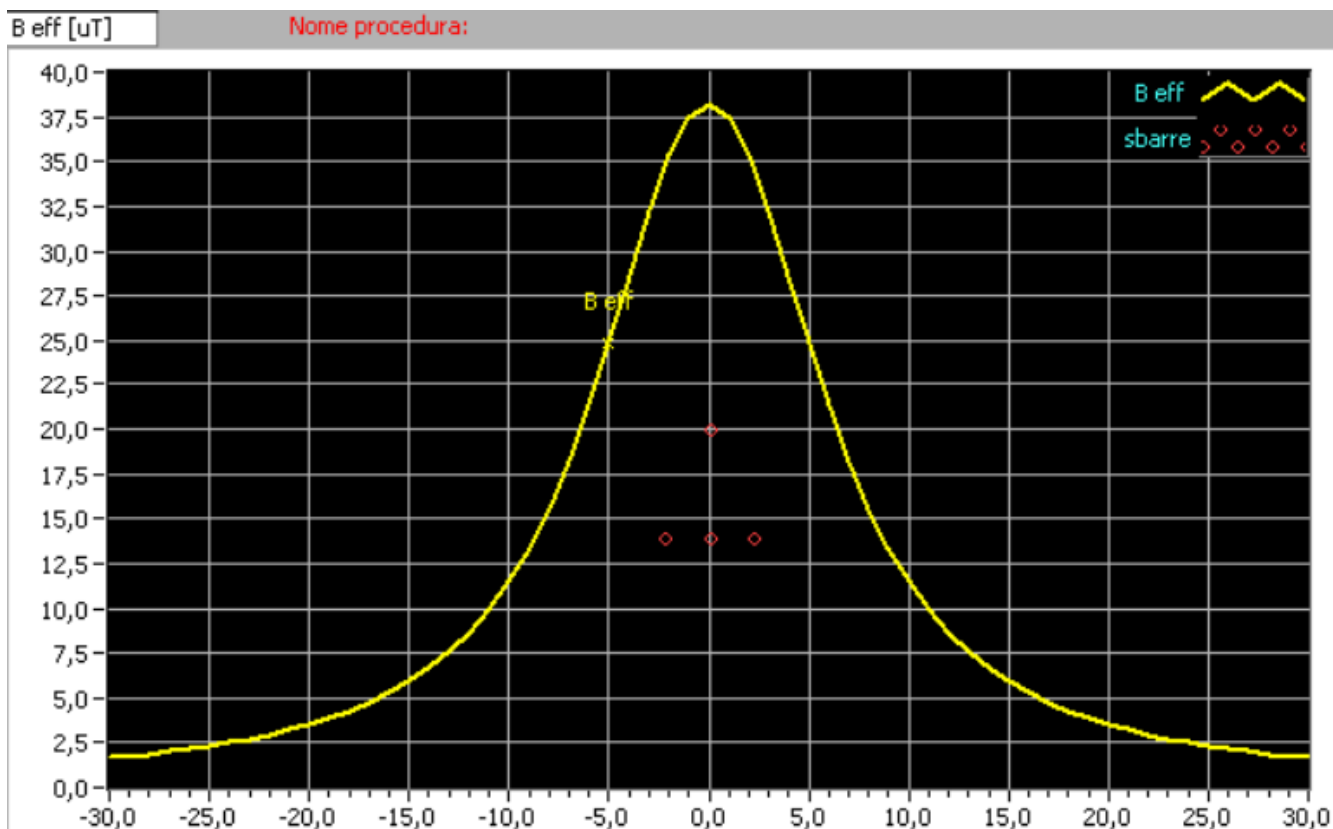


Fig.6

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetico è inferiore al valore di 3  $\mu$ T.

### 6.3 linee elettriche in corrente alternata in alta tensione

Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 400 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

## 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
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 Monitore in PVC – profondità	1,00 m circa

Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto. Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 530 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori.

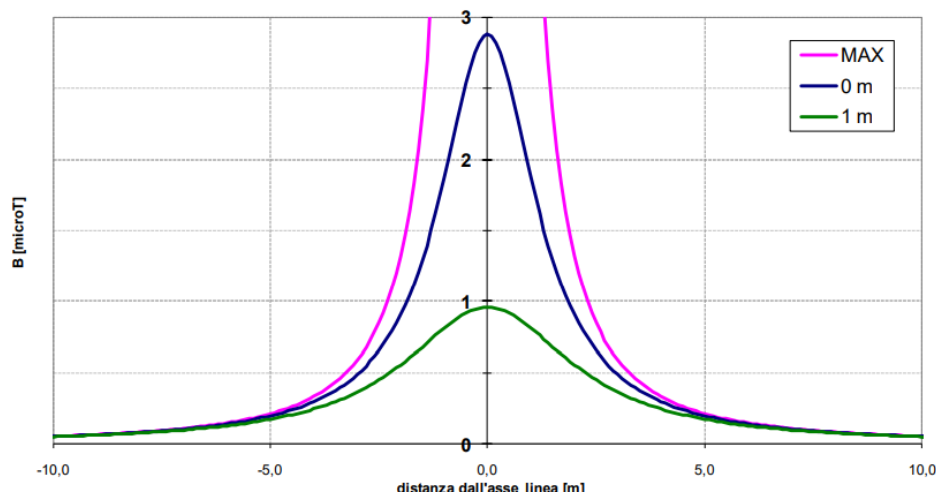


Fig 7

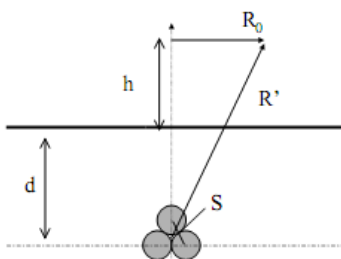
Il limite di 3  $\mu\text{T}$  si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,5 m. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate. Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo. Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati

della norma CEI 211-4. Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3T.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:  $S = 0.11 \text{ m}$

$I = 530 \text{ A}$

Si ottiene:

$R' = 2.18 \text{ m}$

Che arrotondato al metro, fornisce un **valore della fascia di rispetto pari a 3 m per parte**, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

## 7. ANALISI DEI RISULTATI

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di  $3 \mu\text{T}$ , sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti MT esterni e del cavidotto AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 3 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto MT, della lunghezza di circa 3,76 km.

D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del breve cavidotto AT.

Infatti, anche per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linea, al di fuori della recinzione della stazione, i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

## 8. CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni realizzati mediante l'uso di cavi elicordati, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea. Per quanto concerne i tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 4 m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.



INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	<b>IMPIANTO AGROVOLTAICO "SICILIA" – BRINDISI LOC. SPECCHIA</b> Relazione Tecnico specialistica di impatto elettromagnetico	Sicilia Srl
--	--	-------------

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29/05/2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 2500/3150 kVA), già a circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa.

Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa.

Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto agrovoltico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.