

COMUNE DI NARDO'

PROVINCIA DI LECCE
Progetto agrovoltaiico "Builli"



PROGETTO

Ingveprogetti s.r.l.s.

via Geofilo n.7-72023, Mesagne (BR)
email: info@ingveprogetti.it

RESPONSABILE DEL PROGETTO
Ing. Giorgio Vece

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO INTEGRATO DI PRODUZIONE ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E DI PRODUZIONE AGRICOLA, DENOMINATO "BULLI", SITO NEL COMUNE DI NARDÒ (LE), IN LOCALITÀ BULLI, E DELLE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE NEI COMUNI DI NARDÒ, COPERTINO E LEVERANO (LE), CON POTENZA NOMINALE PARI A 14.250,00 KWN E POTENZA DI PICCO (POTENZA MODULI) PARI A 16.564,80 KWP.

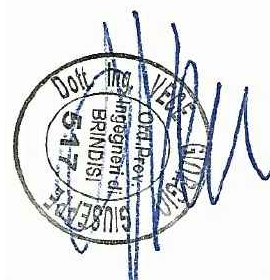
Oggetto: Relazione Impatto Elettromagnetico

ELABORATO:
AG7SE31_DocumentazioneSpecialistica_08_Rev2

PROGETTISTA:
Ing. Giorgio Vece

SCALA:

TIMBRO E FIRMA:



STATO DI PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO

N°	DATA	DESCRIZIONE	PROCEDURA	PROGETTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	AGOSTO 2020	Prima emissione	AU	Ing. Giorgio Vece	Ing. Giorgio Vece	GR Value Development S.r.l.
01	GIUGNO 2021	Prima revisione	AU	Ing. Giorgio Vece	Ing. Giorgio Vece	GR Value Development S.r.l.
02	DICEMBRE 2021	Prima emissione	PUA	Ing. Giorgio Vece	Ing. Giorgio Vece	GR Value Development S.r.l.
03						
04						

Committente: LECCE 2 PV S.R.L

(scissione da GR Value Development S.r.l.)



Via Durini n°9
20122 Milano,
Cod. Fisc & P. IVA 12262240968

Sommario

1.PREMESSA	2
2.NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO	3
3.GENERALITA' SULL'IMPIANTO	6
3.1 DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA RETE DI COLLEGAMENTO	6
3.2 DATI RELATIVI AL POSIZIONAMENTO DEL GENERATORE FV	6
4.1 CAMPI ELETTRROMAGNETICI IMPIANTO	7
4.1.1 IMPATTO DERIVANTE DA CAMPI ELETTRROMAGNETICI ED INTERFERENZE (R.R.16/2006, ART.10 C.1 LETT. E)	7
4.1.2 CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO	8
4.2 MODULI FOTOVOLTAICI.....	9
4.3 ELETTRODOTTO DI PROGETTO	9
4.4 INVERTER	9
4.5 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA.....	10
4.6 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE.....	11
4.7 CABINA ELETTRICA D'IMPIANTO	12
4.8 ALTRI CAVI.....	12
5. CAMPI ELETTRROMAGNETICI OPERE CONNESSE	12
5.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE	12
6. ANALISI DEI RISULTATI.....	18
7. CONCLUSIONI.....	19

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

1.PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico del presente progetto agrovoltaico che integra un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e un impianto di produzione agricola, redatto secondo le "linee guida Nazionali di produzione Integrata" e il disciplinare della "Produzione Integrata della Regione Puglia -anno 2019", di tipo biologico.

L'impianto fotovoltaico di cui sopra, da realizzarsi nel territorio del comune di Nardò, è articolato in due lotti di impianto, denominati "BUILLI 1" e "BUILLI 2," ognuno dei quali ha una connessione autonoma alla RTN.

Il lotto di impianto *BUILLI 2* è di potenza elettrica DC pari a 9.865,8 kWp e potenza AC pari a 8.250 kWn; il lotto di impianto *BUILLI 1* è di potenza elettrica DC pari a 6.699 kWp e potenza AC pari a 6.000 kWn. La potenza elettrica DC complessiva è pari a 16.564,80 kWp mentre la potenza elettrica AC complessiva è pari a 14.250 KWn.

Gli impianti fotovoltaici saranno allacciati alla Rete di Distribuzione tramite realizzazione di nuove cabine di consegna collegate in antenna da cabina primaria AT/MT COPERTINO (Codice di rintracciabilità 237475112 e codice di rintracciabilità T0737211);

I due impianti condividono la linea di connessione interrata, che è lunga 9.900 mt.

In particolare, per gli impianti saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche e agli elettrodotti interrati. 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 le condizioni maggiormente significative 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.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

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 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.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

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 μ 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 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]

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 μ 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 FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (14.250 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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
--	--	-------------------

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:

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 ²)
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 ²)
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 ²)
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.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
--	--	-------------------

3.GENERALITA' SULL'IMPIANTO

Gli impianti fotovoltaici "Builli 1" e "Builli 2" si realizzeranno nel territorio del comune di Nardò (LE) in località "Builli" su un'area agricola di cui:

1. L'impianto Builli 1 su un'area di mq 96.902
2. L'impianto Builli 2 su un'area di mq 178.258

Come già evidenziato nei paragrafi precedenti i due impianti condividono la linea di connessione interrata.

Gli impianti fotovoltaici saranno allacciati alla Rete di Distribuzione tramite realizzazione di nuove cabine di consegna, ubicate lungo la perimetrale esterna dei singoli campi fotovoltaici con agevole accesso da strada pubblica, collegate in antenna da Cabina Primaria esistente AT/MT "COPERTINO CP".

Quindi i due parchi fotovoltaici, mediante un elettrodotto interrato di 9.900 mt uscente dalla cabina di impianto alla tensione di 20kV, saranno collegati in antenna alla cabina primaria Copertino.

L'impianto sarà costituito da un totale di 28.560 moduli da 580 W per una conseguente potenza di picco complessiva pari a 16.564,80 kWp.

Il lotto di impianto Builli 1 è costituito da 11.550 pannelli con una potenza di picco pari a 6.699 KWp.

Il lotto di impianto Builli 2 è costituito da 17.010 pannelli con una potenza di picco pari a 9.865,8 KWp.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante convertitori statici di stringa (inverter) alloggiati in campo.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 2.600 e 3.150 KVA, avranno una tensione primaria, generata dai convertitori statici, di 800 Vac ed una tensione in secondaria (in elevazione) di 20 kV. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con i quadri di BT 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.

3.1 DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLA RETE DI COLLEGAMENTO

TENSIONE NOMINALE	20 kV (in dipendenza delle indicazioni fornite dal Distributore di Energia)
FREQUENZA	50 Hz
RETE DI TERRA	Da realizzare
PROT. SCARICHE ATMOSFERICHE	Eventualmente da realizzare

3.2 DATI RELATIVI AL POSIZIONAMENTO DEL GENERATORE FV

 INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
--	--	--------------------------

Posizionamento del generatore FV: Installazione a terra (Non integrato architettonicamente)
ad inseguimento monoassiale con asse di rotazione N-S

4.1 CAMPI ELETTRICOMAGNETICI IMPIANTO

4.1.1 IMPATTO DERIVANTE DA CAMPI ELETTRICOMAGNETICI ED INTERFERENZE (R.R.16/2006, ART.10 C.1 LETT. E)

Il progetto prevede la realizzazione di due lotti di impianto fotovoltaici di complessivi 28.564 moduli da 580 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.

La consegna dell'energia elettrica alla rete di trasmissione nazionale avverrà, mediante un elettrodotto interrato di 9.900 mt uscente dalla cabina di impianto alla tensione di 20 kV, saranno collegati in antenna alla cabina primaria Copertino

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.

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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

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 μ 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 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]

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 μ 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 14.250,00 kW.

4.1.2 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.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
--	--	-------------------

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

4.2 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue 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 comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

4.3 ELETTRODOTTO 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 fotovoltaico al punto di connessione, con potenza elettrica trasmessa pari a 14.250,00 kW; si considera quindi, in forma più restrittiva, il valore della corrente di esercizio necessario al calcolo del campo magnetico generato dal cavidotto di progetto pari a 412 A.

cavo tripolare ad elica visibile con carico da 6 MW	173 A
cavo tripolare ad elica visibile con carico da 8,25 MW	238 A

4.4 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:

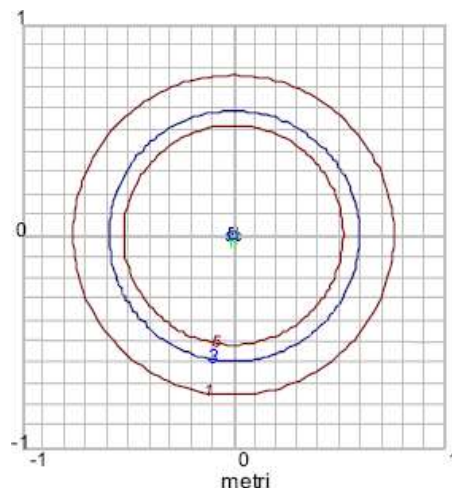
- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

- 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 disinserzione 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.

4.5 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 μ T. La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo di soli cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-1. 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 μ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.



INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

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 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.

4.6 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 2.600/3.150 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 il caso più restrittivo che interessa il manufatto con il trasformatore da 3.150 kVA, per cui la massima corrente di esercizio in BT sarà pari a 2.680 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 6(3x1x240) mm², con diametro esterno pari a circa 29,2mm, 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.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

4.7 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 dei sottocampi ed eventualmente la presenza di componenti elettrici per alimentazione dei servizi ausiliari. Considerando che il trasformatore MT/BT, utilizzato per l'alimentazione dei servizi ausiliari, risulta di modesta potenza [la massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 145 A] si rileva che all'interno del monoblocco della cabina di impianto la principale sorgente di emissione viene rappresentata dalle stesse correnti circolanti nei quadri elettrici eserciti in Media Tensione; come già ribadito precedentemente la massima corrente MT, dovuta alla massima produzione dei campi fotovoltaici e vettoriata verso il punto di immissione in Rete Distribuzione Nazionale, è pari a circa 412 A.

La conduttura interrata, costituita da una doppia terna di cavo cordato ad elica visibile, che assume quindi una formazione del tipo $2 \times (3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2)$ si presenta con una dimensione esterna complessiva pari a 86.4 mm; si ottiene pertanto una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 2,5 m.

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

4.8 ALTRI CAVI

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

5. CAMPI ELETTRICI OPERE CONNESSE

5.1 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.

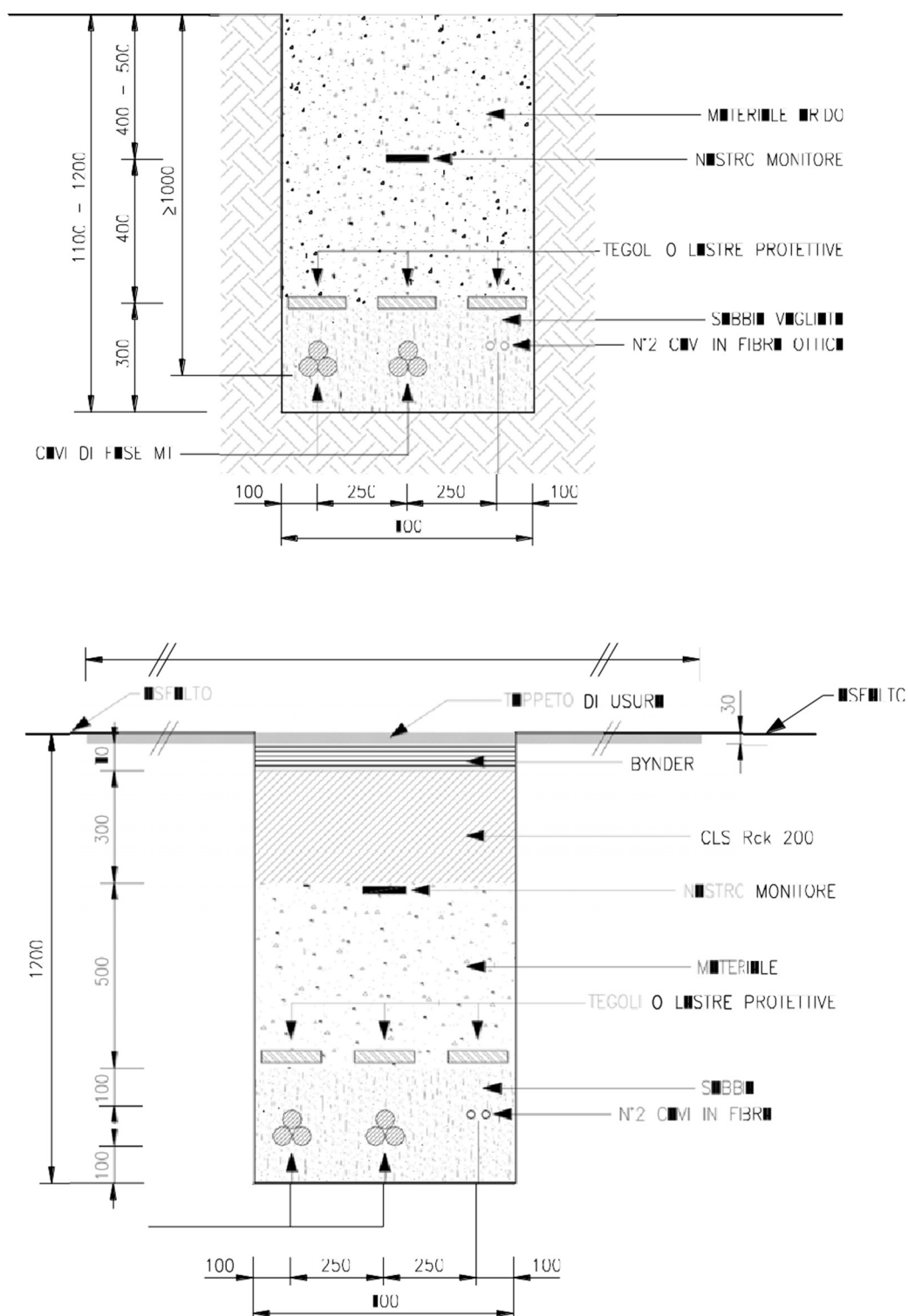


Fig 1

Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

All'interno del cavidotto in esame, come puntualizzato al punto 4.7, si trovano due terne di cavi MT del tipo elicordati ed isolati a 20 kV che trasferiscono l'intera potenza dei due impianti FV verso la Cabina Primaria in gestione di *e-distribuzione*.

Così come rappresentato nella figura 1), i cavi cordati ad elica visibile in singola formazione 3x1x185 mm² saranno affiancati e posati a trifoglio. La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos\varphi} = \frac{14,25 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 433A$$

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 756 A [in posa interrata a 20°C - R_t = 1m°C/W: I_{z1} = 378 A], pari alla portata massima della singola terna, 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.

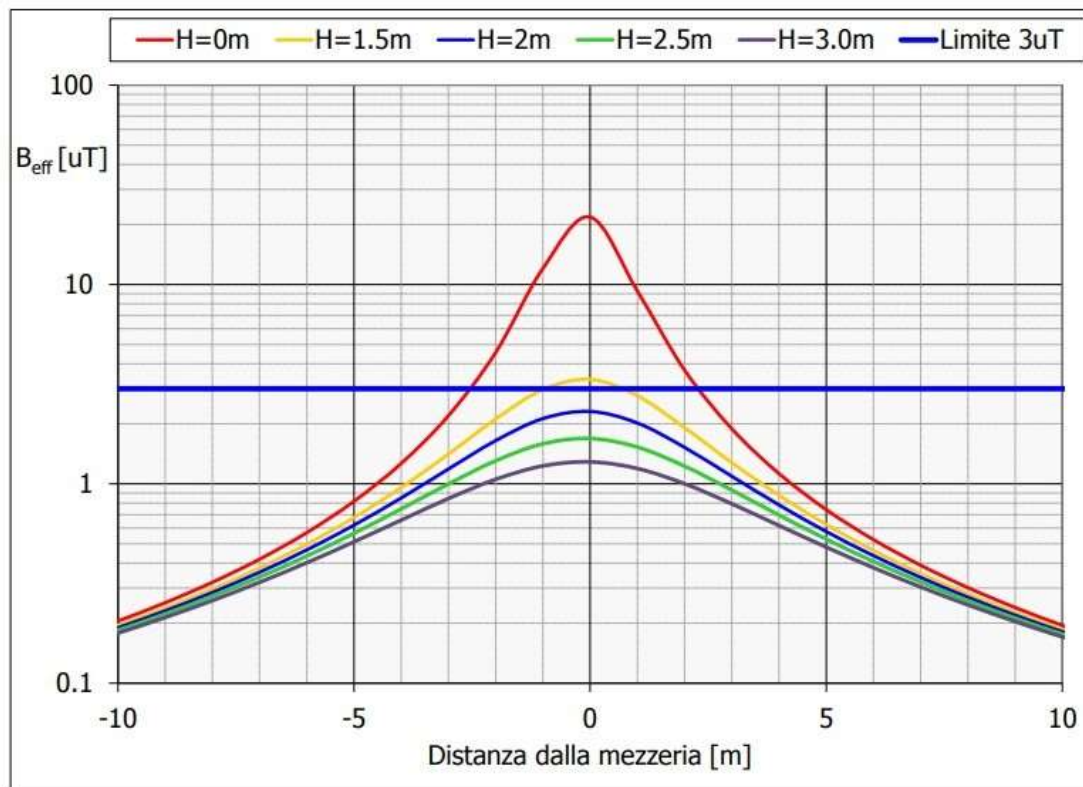


Fig. 2 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

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. È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico che, come detto per entrambe le terne, è pari a 433 A nelle condizioni di massima erogazione [$\cos\phi$ 0.95]. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come nella figura seguente (Fig. 3): in tal caso il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto. 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.**

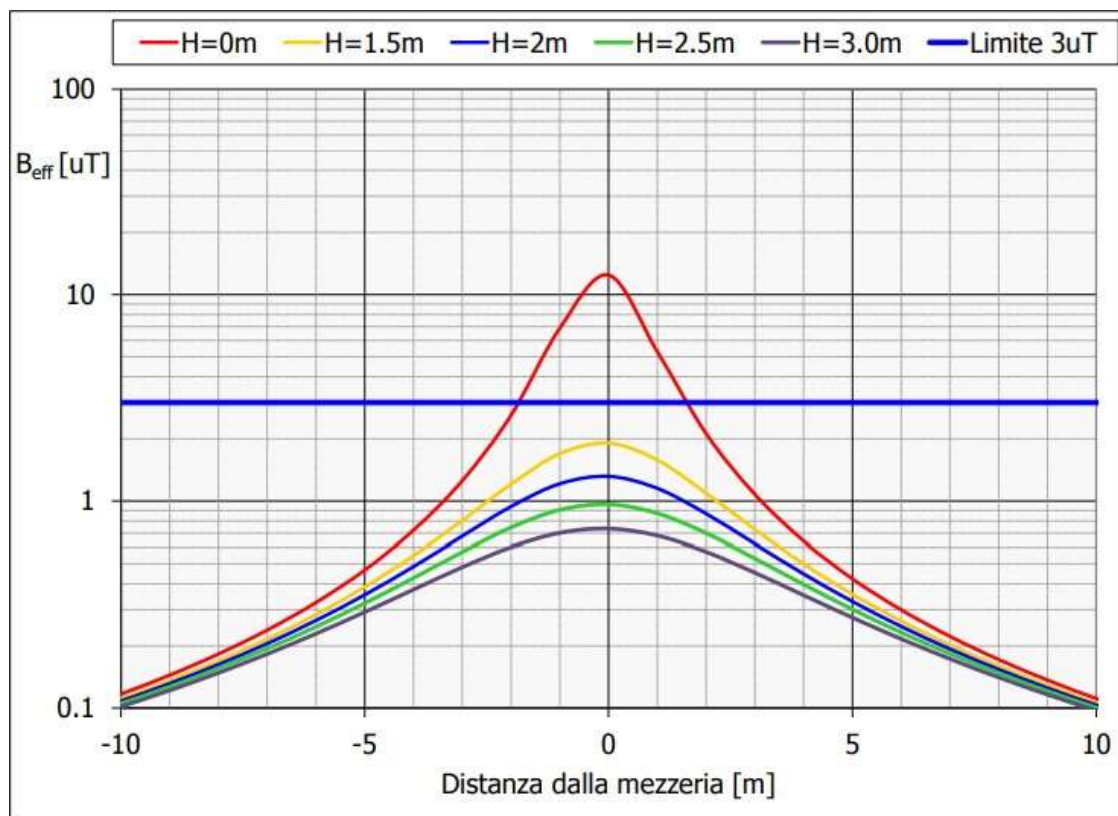


Fig. 3 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

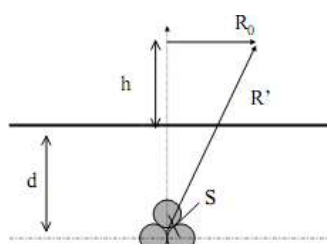
Per quanto concerne il calcolo del campo magnetico delle linee MT interrate si individua come volume di rispetto relativo al cavidotto MT interrato il volume cilindrico in asse col cavidotto con raggio da determinare e come fascia di rispetto la sua proiezione al suolo.

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 $3\mu T$.

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:



INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

Pertanto, ponendo: $S = 0.04 \text{ m}$

$I = 412 \text{ A}$

Si ottiene:

$R' = 1.16 \text{ m}$

Si evince chiaramente dall'immagine rappresentativa di Fig. 4 che **il volume di rispetto cilindrico delle opere in progetto, vista la profondità di posa minima posta a -1.20 mt, non oltrepassa la quota zero e quindi non esiste alcuna interazione con recettori sensibili, ritrovandoci, pertanto, nel pieno rispetto dei limiti vigenti non sussistendo pericoli per la salute umana.**

Il calcolo dei campi elettrici non è stato condotto in quanto tutti i cavi in media tensione impiegati sono dotati di armatura metallica connessa a terra, che scherma l'effetto del campo elettrico, di conseguenza **il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.**

Il calcolo della Distanza di prima approssimazione (Dpa) è stata calcolata sulla base della tabella riportata nell'articolo 5.2.1 dell'allegato al D.M. 29 maggio 2008, considerando che il limite fissato dall'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ di cui all'art. 4 del D.P.C.M. dell'08/07/2003 risulta rispettato per le aree ad una distanza superiore a quanto riportato nelle allegate rappresentazioni grafiche della fascia di rispetto e della D.P.A.

Il limite di $3 \mu\text{T}$ si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,2 m.

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 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, a favore della sicurezza, che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a **2 m**, a cavallo dell'asse del cavidotto, uguale alla fascia di asservimento e/o esproprio della linea.

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

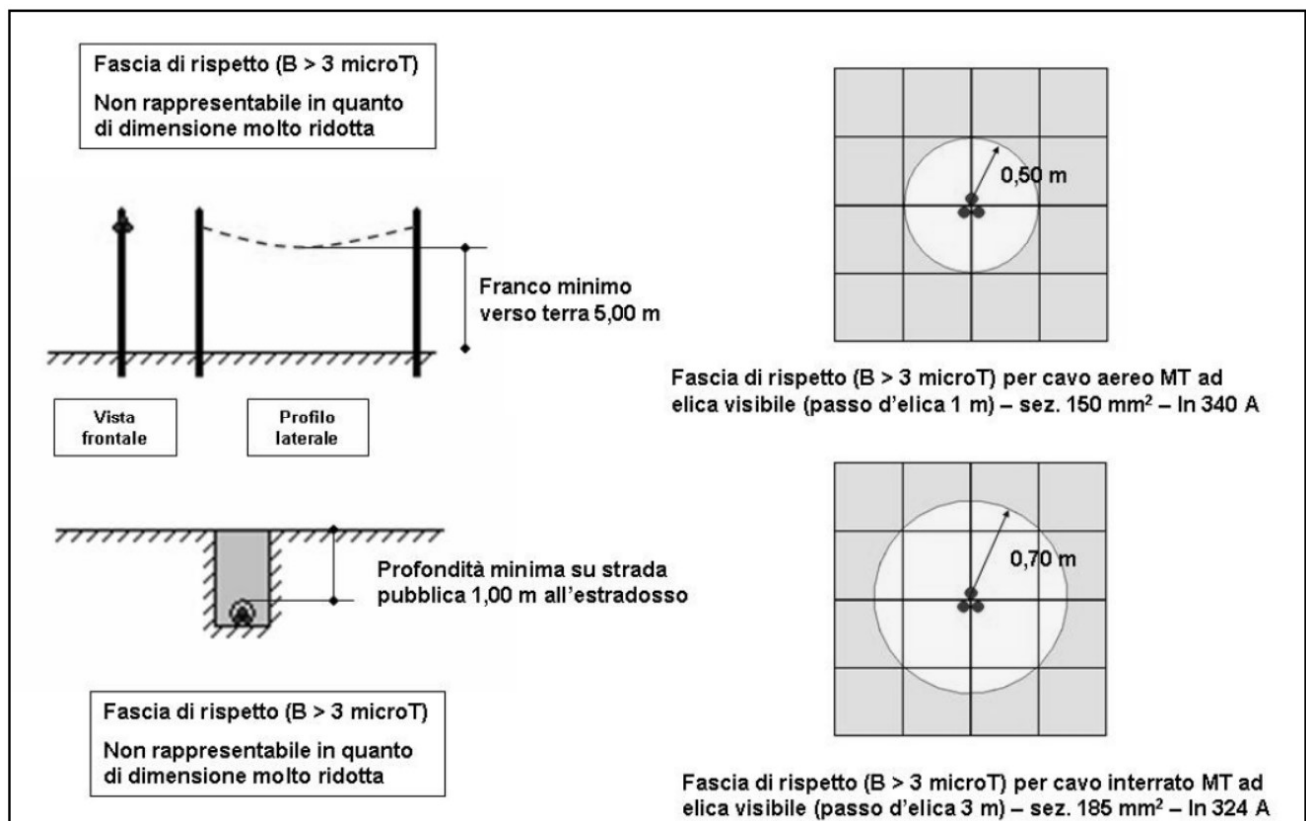


Fig. 4 Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica secondo il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma EMF Tools [Linee guida Enel – Divisione Infrastrutture e Reti]

6. 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 μT solo in corrispondenza delle cabine di trasformazione stanziati all'interno dei campi fotovoltaici mentre valori più accettabili in corrispondenza delle cabine di consegna ed in prossimità dei cavidotti MT esterni; tuttavia 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 2 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto MT.

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

INGVEPROGETTI s.r.l.s Società di ingegneria	PROGETTO AGROVOLTAICO "BUILLI" -Nardò (LE)- Relazione Tecnico specialistica impatto elettromagnetico	LECCE 2 PV S.R.L.
---	--	--------------------------

7. 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 5 kV/m (valore imposto dalla normativa).

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 2m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea. Per quanto concerne i tratti esterni, realizzati anch'essi con cavi unipolari elicordati posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della fascia di rispetto pari a 4 m, pari alla fascia di asservimento di cui alla linea guida Enel, tenendo in considerazione che, 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.

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 3.150 kVA), già a circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina d'impianto e consegna, 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 2.5 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 fotovoltaico 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.

Il Tecnico