



Regione Sicilia
Provincia di Enna
COMUNE DI ENNA



- PROGETTO DEFINITIVO -

Progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico e relative opere connesse, di potenza nominale pari a 65,997 MWp (52,46 MW in immissione) in località C.da Pasquasia

DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Ottobre 2022	4S RE FUTURE		

PROGETTISTA: 4S RE FUTURE S.R.L. C/da Santa Croce SNC – 90030 – Cefalà Diana (PA) P.I. 06874280826 4srefuture@pec.it	CLIENTE: QUANTUM PV 07 S.R.L.	QUANTUM PV 07 S.R.L. <i>Via Nomentana, 323 - 00162 - Roma Italy</i> R.E.A. n. RM-1664286 P.I. 16587341005 Pec quantumpv07@legalmail.it		
Ing. Salvatore Stropoli 	TITOLO ELABORATO: RELAZIONE TECNICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO			
GRUPPO DI LAVORO: Arch. Maria Rita Barna Ing. Lucia G. Bellusci Arch. Micaela Galante Ing. Pietro Intravaia Ing. Claudia Maniscalchi Ing. Manuela Russo Tiesi	CODICE ELABORATO: RS06REL0010A0	SCALA:		
DATA: Ottobre 2022	TIPOLOGIA AGV	NOME PROGETTO SPEM	N° ELABORATO: EL_55	REVISIONE: 00

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 2

Sommaro

PREMESSA	3
1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO	6
4. CRITERI DI SCELTA DEL SITO	9
5. PRESCRIZIONI GENERALI DEI MATERIALI DA UTILIZZARE	11
6. INSTALLAZIONE DEI CAVI ELETTRICI	13
7. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	14
8. CONCLUSIONI	20

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 3

PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agro-fotovoltaico 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 agro-fotovoltaico per la produzione di energia elettrica di potenza pari a 65,997 MWp ed una potenza di immissione pari a 52,46 MW da realizzare nel Comune di Enna (EN) in località C.da Pasquasia**, a cura della Società QUANTUM PV 07 S.R.L., con sede legale in Via Nomentana n. 323, CAP 00162, Roma.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie agricola situata nel territorio comunale di Enna (EN), a Ovest del Comune di Borgo Cascino (EN).

In particolare, per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM 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.

1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] 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".
- [2] DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro".
- [3] 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".

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 4

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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 a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodi".

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 50Hz, 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 (52,46 MW_{AC}).

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.

L'art. 3 del Decreto 28 Agosto 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campo elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 5

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/m²)
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

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/m²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

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.

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

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/m²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

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

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

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 6

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

3.1. Generalità

L'impianto agro-fotovoltaico sorgerà in località "C.da Pasquasia", nel Comune di Enna (EN), e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale.

L'ipotesi di connessione secondo il Preventivo di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale di Terna (Codice Rintracciabilità: 202101825) prevede il collegamento dell'impianto agro-fotovoltaico in antenna a 150 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserire in entra – esce alla linea a 150 kV RTN "CP Caltanissetta – CP Gela".

Si prevede, la realizzazione di una linea MT che consentirà il miglioramento della rete elettrica, mediante la realizzazione di circa km 20,2 in cavo interrato.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato RS06ADD0019A0 "**Preventivo di connessione alla RTN**" Codice Rintracciabilità: 202101825.

L'estensione complessiva del campo agro-fotovoltaico sarà pari a circa 100 ha e la potenza complessiva dell'impianto sarà di 65,997 MWp.

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto sono il modello RSM132-8-665BNDG-690BNDG della potenza nominale di 690 Wp prodotti dalla società Risen Energy CO. in Silicio Monocristallino.

Il campo agro-fotovoltaico è costituito da n° 95.648 moduli, suddivisi in stringhe di 28 moduli ciascuna, per una superficie captante di 296.942,4 mq.

Saranno utilizzati n. 24 cabine di Conversione e Trasformazione secondo specifiche di E-Distribuzione mod. DG2061 Ed. 09 settembre 2021; si prevede l'impiego di n. 16 trasformatori da 2.500 kVA e n.8 trasformatori da 2.000 kVA a servizio di tutto il campo agrovoltaico. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con gli inverter di competenza; nello specifico:

- N. 4 cabine di trasformazione a cui saranno accoppiati 10 inverter;
- N. 8 cabine di trasformazione a cui saranno accoppiati 9 inverter;
- N. 12 cabine di trasformazione a cui saranno accoppiati 11 inverter.

Le stringhe verranno collegate ai Quadri di Campo/Combiner Box ubicati 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.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 7

3.2. Cabine inverter e di trasformazione

Nell'impianto saranno presenti N.24 cabine inverter e di trasformazione MT/BT: cabina prefabbricata da 6700x2500x2600 mm secondo specifiche di E-Distribuzione mod. DG2061 Ed. 09 settembre 2021. Al loro interno saranno installate:

- Trasformatore MT/BT
- Quadro media tensione
- Trasformatore ausiliario
- Quadri BT
- Inverter

La cabina di trasformazione sarà fornita di tutti i servizi ausiliari necessari; in particolare a tal scopo saranno previsti un quadro servizi ausiliari, un UPS, un data logger, le apparecchiature del sistema di videosorveglianza e di comunicazione.

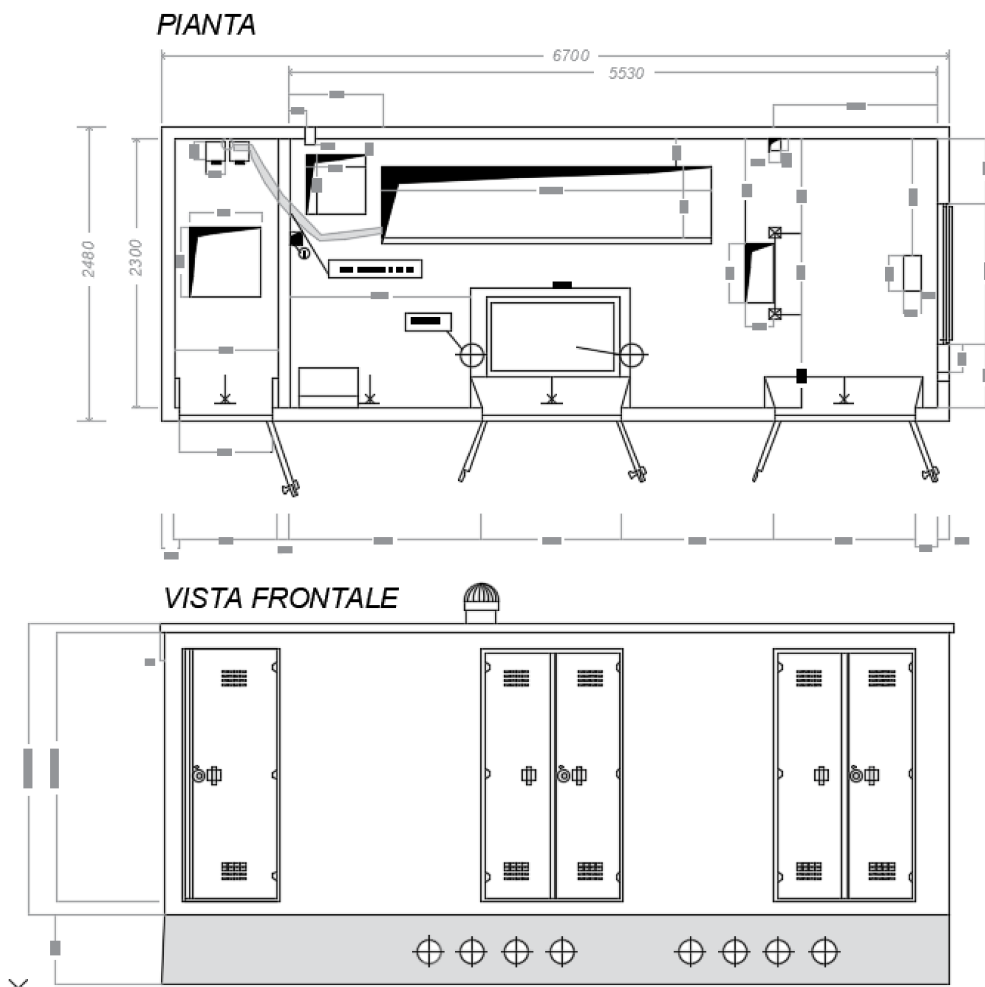


Figura 1 Cabina inverter e di trasformazione MT/BT.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00 Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 8

Sarà presente inoltre una cabina di consegna e sottostazione di trasformazione 30/150 kV, cabina prefabbricata da 6700x2500x2600 mm secondo specifiche di E-Distribuzione mod. DG2061 Ed. 09 settembre 2021. Tale cabina sarà suddivisa in vano per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche dell'Ente distributore e il vano misure, destinato all'installazione dei gruppi di misura. Nel vano utente saranno infine presenti il trasformatore e i quadri elettrici.

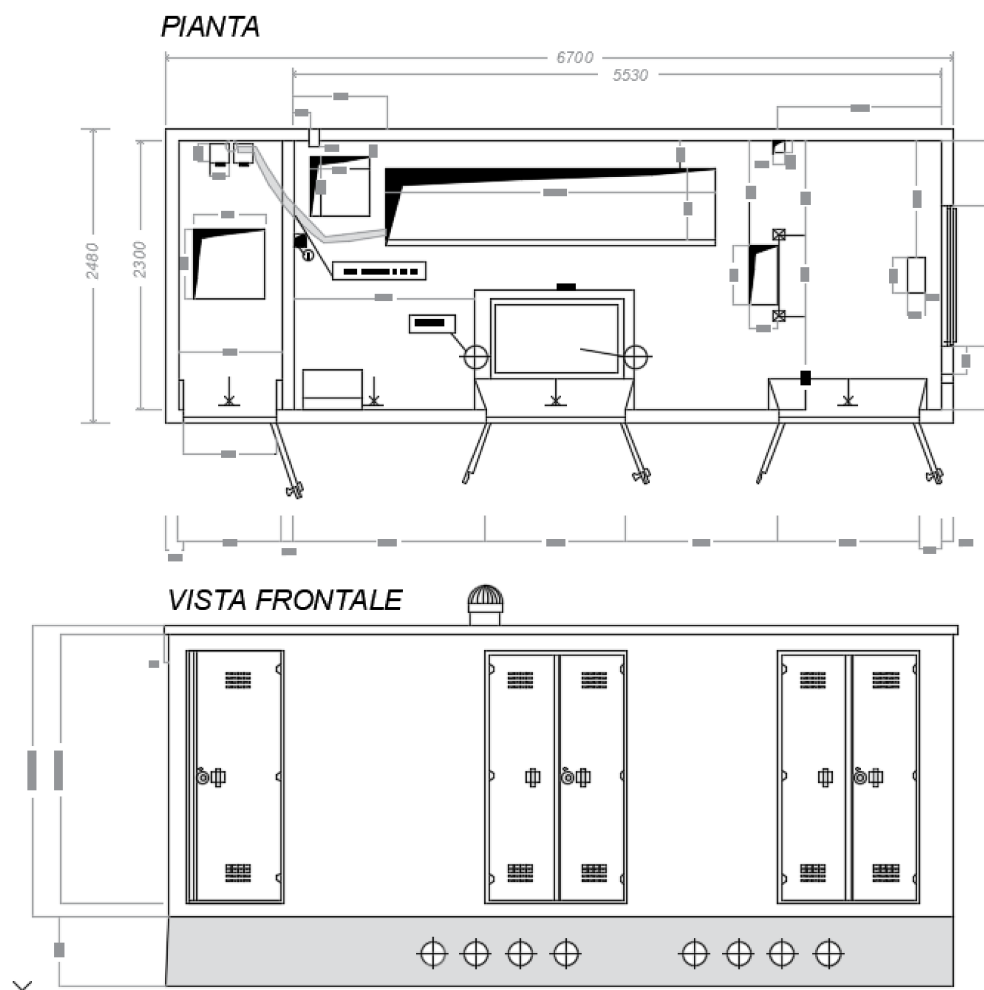


Figura 2 Cabina di consegna e sottostazione di trasformazione.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati EL-20 **“Particolari Costruttivi SE e SSE”** e EL-21 **“Particolari Costruttivi – CABINA TRASFORMAZIONE BT/MT”**.

La cabina di consegna sarà una cabina prefabbricata da 6700x2500x2600 mm secondo specifiche di E-Distribuzione mod. DG2061 Ed. 09 settembre 2021. La cabina sarà predisposta come richiesto dall'omologazione di E-Distribuzione, incluso il basamento prefabbricato. Essa sarà composta da due locali:

- Locale misure, contenente i contatori dell'energia scambiata

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 9

- Locale del distributore di energia, contenente le apparecchiature AT di proprietà del distributore stesso.

La cabina sarà dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice per tutti i locali, alimentati da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti, guanti di protezione, estintore ecc.).

4. CRITERI DI SCELTA DEL SITO

La definizione dei tracciati delle linee sia lato continua (interconnessione moduli e inverter) che lato alternata (connessioni inverter e quadro elettrico di bassa tensione) sono state individuate in armonia con le leggi vigenti:

- in modo da utilizzare per le nuove installazioni in area di proprietà del Richiedente;
- in modo tale da interessare il terreno sito in area industriale e da non interessare altre proprietà private;
- in modo che le linee elettriche siano liberamente accessibili e che non comportino livelli inquinamento elettromagnetico alle persone al di sopra dei parametri di legge.

La posizione dell'impianto e delle linee elettriche interne sono state scelte in modo da realizzare i necessari franchi sui fondi o nel caso di interferenze con altre infrastrutture (strade, autostrade, linee telegrafiche e telefoniche, ferrovie, canali, ecc.) applicando la complessa normativa che regola incroci e parallelismi.

4.1. *Canalizzazioni*

Per canalizzazione si intende l'insieme del canale, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezioni, segnaletica).

La materia è disciplinata, eccezione fatta per i riempimenti, dalla Norma CEI 11-17. In particolare detta norma stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolari (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

La profondità minima per le strade ad uso pubblico è fissata da Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione del cavo; per tutti gli altri suoli e le strade di suo privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico);

I cavi sotterranei sono posati in una tubazione ad alta resistenza previo scavo a sezione obbligata di larghezza pari a 40 cm e profondità di posa pari a 120 cm.

Il diametro interno del tubo e relativi accessori (curve, manicotti, ecc.) non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo ovvero il diametro circoscritto del fascio (Norma CEI 11-17).

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 10

La posa dei cavi all'interno di un tubo in materiale plastico rivestito con bauletto in calcestruzzo, è limitata ai soli casi eccezionali dove è consentita la posa a profondità ridotta (art. 2.3.11-f norma CEI 11-17). Questa tipologia di canalizzazione non richiede l'utilizzo di tubi con particolari caratteristiche meccaniche in quanto la resistenza è affidata al rivestimento protettivo in calcestruzzo, il quale deve essere realizzato rispettando lo spessore minimo prescritto di 100 mm in tutte le direzioni. Il calcestruzzo dovrà avere una classe di resistenza C12/15 (Rck 15 N/mm²).

Il riempimento della trincea e il ripristino della superficie devono essere effettuati, in assenza di specifiche prescrizioni imposte dal proprietario del suolo, riportando i luoghi interessati allo stato originario. Il tutto, verrà realizzato a perfetta regola d'arte ed in conformità alle vigenti norme tecniche e di Legge che regolano tale materia.

4.2. Incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati

Va osservata la distanza minima di 0,3 m misurata tra le superfici affacciate sia nel caso in cui la tubazione metallica è sovrapposta che in quello in cui è sottopassante.

4.3. Parallelismi fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati

Nel parallelismo i cavi di energia e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30m. Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo fra gli esercenti:

- a) quando la differenza di quota fra le superfici esterne della struttura interessate è superiore a 0,50m;
- b) quando tale differenza è compresa tra 0,30 - 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici, nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non dovendo mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro uso, tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo di energia e le tubazioni non siano posti a diretto contatto fra loro. Per quanto applicabile, fare riferimento anche alla Norma CEI UNI 70029.

4.4. Coesistenza tra cavi energia e serbatoi di liquidi/gas infiammabili (Norme CEI 11 -17)

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili. Si rammenta che deve comunque essere osservata la profondità minima di posa dei cavidotti.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 11

5. PRESCRIZIONI GENERALI DEI MATERIALI DA UTILIZZARE

I componenti elettrici, ovvero i materiali e le apparecchiature utilizzati, devono essere conformi alle prescrizioni di sicurezza devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte, ovvero secondo le Norme CEI, alla normativa UNEL, alla normativa UNI, avere la marcatura CE: devono essere scelti in modo da non causare effetti nocivi sugli altri componenti o sulla rete di alimentazione.

I componenti degli impianti elettrici ed elettronici e gli apparecchi utilizzatori fissi devono essere installati in modo da facilitarne il funzionamento, il controllo, l'esercizio e l'accesso alle connessioni.

Particolare attenzione deve essere posta all'idoneità dei componenti elettrici installati conformi al luogo d'installazione.

Devono essere fornite targhe od altri mezzi appropriati di identificazione per indicare la funzione degli apparecchi di manovra e di protezione, a meno che non ci sia possibilità di confusione.

Per quanto riguarda l'identificazione dei conduttori dovranno essere rispettate le seguenti indicazioni volute dalle norme:

- il bicolore giallo/verde per i conduttori di protezione ed equipotenziali,
- il colore blu chiaro per il conduttore del neutro,
- la norma non richiede colori particolari per i conduttori di fase si consiglia comunque di utilizzare i colori: nero, grigio, marrone.

I tubi flessibili in materiale isolante per posa sotto pavimento o interrato dovranno essere del tipo medio o pesante e dovranno essere protetti meccanicamente, i relativi pozzetti dell'impianto di messa a terra dovranno essere dotati di robusti chiusini ispezionabili.

Le tubazioni per posa a vista dovranno avere caratteristiche conformi alle tabelle CEI 23-8 tipo pesante, la raccorderia dovrà essere di tipo filettato e di conseguenza lo spessore dei tubi dovrà essere adatto; saranno accettati anche raccordi a pressatubo purché realizzanti un grado di tenuta idoneo.

Eventuali canali metallici portativi dovranno essere costruiti in lamiera di acciaio pressopiegata e dovranno assicurare sia la continuità elettrica che magnetica e un grado di protezione esterno non inferiore a IP41, inoltre si dovrà prevedere il loro collegamento all'impianto di terra a mezzo cavo unipolare G/V da 6mm², poiché nell'impianto potranno essere installate apparecchiature elettroniche quali a titolo di esempio videosorveglianza e sistema antintrusione é preferibile che queste condutture siano posizionate ad un'adeguata distanza dalle condutture di energia, per problemi di compatibilità elettromagnetica quindi le canalizzazioni dovranno essere provviste di setti separatori per tenere separati i conduttori di energia da quelli di impianti elettronici.

Si raccomanda di prevedere la sfilabilità dei cavi; a tal fine si consiglia che il diametro interno dei tubi protettivi di forma circolare sia pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 10 mm.

I conduttori utilizzati nell'impianto dovranno essere del tipo non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi secondo quanto previsto dalla norma CEI 20-22, inoltre per quanto riguarda la linea che alimenta eventuale quadro pompa antincendio dovranno essere utilizzati conduttori

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 12

resistenti al fuoco "CEI 20-45" se nella stessa tubazione sono previste linee dedicate ad altre utenze. L'impresa installatrice dovrà essere abilitata ai sensi del DM 37/2008 e sarà tenuta a fornire il sistema completo e funzionante in ogni sua parte, includendo laddove necessario, parti di impianto non meglio definite ma necessarie per la perfetta funzione degli stessi conformemente alle norme vigenti.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 13

6. INSTALLAZIONE DEI CAVI ELETTRICI

6.1. Generalità

Di seguito si riportano alcune regole ed avvertenze da seguire per una corretta messa in opera; indicazioni più complete in merito, si possono trovare nelle norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo".

6.2. Temperatura di posa

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire raddrizzati o piegati non deve essere inferiore a 0°C per i cavi con guaina in PVC. I limiti di temperatura di cui sopra sono da riferirsi ai cavi stessi e non all'ambiente, a questo proposito si ricorda che se i cavi sono rimasti per lunghi tempi a bassa temperatura occorre che vengano fatti stazionare per un adeguato numero di ore in ambiente a temperatura superiore a 0°C e messi in opera prima che la temperatura della guaina possa scendere al di sotto di detto valore.

6.3. Sollecitazione a trazione

Gli sforzi di tiro con cui viene sollecitato il cavo durante le operazioni di posa devono essere applicati ai conduttori e non debbono superare il valore di 6 Kg/mm² di sezione totale dei conduttori di rame. Se il cavo è provvisto di un'armatura a piattine (Z) la forza di tiro va applicata all'insieme dei conduttori più armatura e deve essere tale da non superare il valore di 7,5 Kg/mm² di sezione totale dei conduttori di rame. L'armatura a nastri (N) non dà alcun contributo all'aumento dello sforzo di tiro. Per modeste sollecitazioni il tiro di posa può essere effettuato mediante calza in acciaio applicata direttamente sulla guaina esterna.

6.4. Raggi di curvatura

I valori minimi dei raggi consentiti durante le operazioni di messa in opera dei cavi sono indicati generalmente nelle tabelle dei dati costruttivi; in mancanza di questi valori si deve fare riferimento alle regole date nella norma CEI 11-17.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 14

7. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

7.1. 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 transistori 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.

7.2. Inverter

L'inverter è l'apparato di conversione dell'energia elettrica, da corrente continua a corrente alternata e premettendo che gli inverter verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di progettazione si è ipotizzato di utilizzare quelli prodotti dalla Huawei SUN2000-215KTL-H3.

L'inverter è costituito principalmente da:

- **sezione di arrivo** dal campo agro-fotovoltaico con organo di sezionamento e misure;
- **convertitore statico**, provvisto di ponte a **IGBT** a commutazione forzata, logiche di comando, protezioni, autodiagnostica e misure;
- **sezione di uscita** in corrente alternata, comprendente i dispositivi di comando del parallelo.

Il convertitore si pone immediatamente in stand-by in mancanza di insolazione, e ripristina il proprio funzionamento non appena le condizioni tornano favorevoli. L'algoritmo MPPT (di inseguimento continuo del punto di massima potenza) integrato mantiene continuamente il campo agro-fotovoltaico nelle migliori condizioni operative.

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.

7.3. Le linee elettriche

Le linee elettriche (elettrorodotti) sono utilizzate per la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica. Attualmente in Italia la distribuzione dell'energia elettrica avviene principalmente attraverso due tipologie di elettrorodotti:

- Linee aeree – costituite da fili conduttori tesi in aria tra sostegni (tralicci) e fissati ad essi attraverso elementi isolanti.
- Linee interrate – costituite da conduttori avvolti in appositi materiali isolanti in modo da permettere una maggiore vicinanza tra i conduttori senza il rischio di scariche.

Le due principali tipologie possono essere classificate in base alla tensione di esercizio, come di seguito riportato:

- **Linee elettriche di distribuzione ad alta tensione** (AT – in prevalenza 132 – 150 kV): partono dalle stazioni elettriche primarie ed alimentano le grandi utenze o le cabine primarie da cui originano le linee di distribuzione a media tensione;

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 15

- **Linee elettriche di distribuzione a media tensione** (MT – in prevalenza 15 – 30 kV): partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e le medie utenze industriali. Il presente studio si occuperà di linee interrato a media tensione (30 kV).

7.4. Linee elettriche interrato a MT

Oltre a ridurre l'impatto paesaggistico i cavi interrati riducono in maniera significativa anche il campo elettrico ed il campo magnetico. I cavi delle linee interrato sono costituiti generalmente da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice ed un rivestimento protettivo. In genere i cavi con tensione di esercizio di 30 kV vengono posizionati nel terreno ad una profondità minima di 1 metro e possono essere disposti a terna piana (in piano ad alcuni centimetri di distanza l'uno dall'altro) o a trifoglio (ai vertici di un ipotetico triangolo e quindi attaccati l'uno all'altro). In prossimità delle linee elettriche si generano sempre un campo elettrico ed un campo magnetico a frequenza industriale (50Hz). L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea e aumenta al crescere della tensione. Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico prodotto in un punto da una linea di data tensione si mantiene costante. Hanno influenza sul campo elettrico, oltre che la tensione, la distanza dalla linea (presenta un massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea e decresce man mano che ci si allontana), la distanza dei conduttori da terra e la disposizione dei conduttori. Nel caso di linee elettriche interrato i campi elettrici già al disopra delle linee sono insignificanti e sempre minori rispetto alle linee aeree grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Il campo magnetico di una linea elettrica dipende dall'intensità della corrente che circola nei conduttori. Poiché la corrente può variare nell'arco della giornata, della settimana o dell'anno anche l'intensità del campo magnetico varia di conseguenza. Hanno influenza sul campo magnetico oltre alla corrente anche la distanza dalla linea, la distanza dei conduttori da terra, la disposizione dei conduttori.

Il campo magnetico generato da una linea interrato si distribuisce in maniera diversa rispetto a quello generato da una linea aerea di tensione e di corrente corrispondente per diversi motivi. In primo luogo, risulta diversa la distanza minima che separa i conduttori stessi da terra (almeno 1 metro). A causa di questo risulta che il valore massimo di campo magnetico prodotto dall'elettrodotto interrato al disopra dei cavi risulta confrontabile, se non addirittura maggiore, di quello prodotto da un elettrodotto aereo di pari caratteristiche elettriche. Tuttavia, essendo diversa anche la distanza che separa i vari conduttori tra loro (pochi centimetri), si ha che, non appena ci si allontana dalla linea, i valori di campo magnetico prodotti dall'elettrodotto interrato si riducono assai più rapidamente di quelli dell'elettrodotto aereo.

7.5. Calcolo e verifica dei campi ELF emessi dalla linea interrato in esame

I campi ELF, oltre che misurati direttamente con opportuna strumentazione, possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo per la cui applicazione è necessaria la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica. In particolare, serve conoscere le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale, distanza da terra), le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente) e la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 16

Il calcolo che segue si rifà direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicata dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996. Trascurando il calcolo di verifica del campo elettrico che, per come detto in precedenza, risulta non significativo per le linee elettriche interrato, l'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r} \cdot (u_i \wedge u_r)$$

dove:

- r è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;
- $(u_i \wedge u_r)$ è il prodotto vettoriale dei versori che indicano il verso della corrente e della relativa normale

Nelle formule che seguono, l'induzione magnetica B viene misurata in microtesla (μT), le correnti I in ampère (A), le distanze in metri (m) e le superfici A in metri quadrati (m^2).

Naturalmente B e I vanno intesi come valori efficaci.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$\vec{B}_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \sum I_i \left[\frac{(x-x_i)}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \right]; \quad \vec{B}_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \sum I_i \left[\frac{(y-y_i)}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \right]$$

Nella verifica che segue altresì, a vantaggio delle misure di prevenzione sanitaria contro l'elettrosmog a tutela dei bambini, così come fissato dalla Circolare del Ministro dell'Ambiente 3 agosto 1999, la soglia massima di sicurezza di 0,2 microtesla (μT) per l'induzione magnetica.

7.6. Condizioni di carico ed ipotesi di calcolo

Per la trasmissione di energia elettrica interrata sono utilizzati (nella sezione di massimo carico) un fascio di cavi per media tensione. Il fascio è formato da tre conduttori unipolari in alluminio, isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC, e disposti in piano alla profondità di 1.5 m. Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali come già detto sono di solito interrati a pochi metri di profondità. Poiché il campo elettrico risulta ampiamente entro i limiti di legge, sia nel caso della potenza effettiva calcolata sia nel caso di potenza nominale, non verrà considerato nei grafici che seguono. La disposizione dei cavi in opera è rettilinea. La corrente nominale, intesa come somma totale dei tre conduttori risulta I= 519,84 A; La tensione nominale V= 30 kV.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 17

7.7. Risultati del calcolo e conclusioni per il cavidotto interrato tra le cabine

Nel caso in esame abbiamo un sistema trifase collegato a triangolo simmetrico ed equilibrato, con conduttori spazati d ; il campo per cavi tripolari ha un valore:

$$B = 0,245x(Ixd)/r^2 \quad [\mu T]$$

Per il cavo utilizzato abbiamo le seguenti specifiche:

- Diametro Conduttore 11,4 mm
- Diametro Isolamento 8,0 mm
- Diametro esterno 38,2 mm

La distanza tra due conduttori da considerare diventa:

$$d = 38,2 \text{ mm}$$

Pertanto, si verifica $B=0,2 \mu T$ alla distanza di

$$r = \sqrt{\frac{0,245 \cdot 519,84 \cdot 38,2 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 4,93 \text{ m}$$

Come si può notare, il valore di qualità indicato nella Circolare del Ministero dell'Ambiente di $0,2 \mu T$ si raggiunge a circa 4,93 m dall'asse del cavidotto. Ovviamente il cavo viene posato in profondità minima di 1m.

7.8. Linee elettriche aeree

Come noto il campo Elettrico, a differenza del campo Magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato.

Pertanto, le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti in aereo esterni, rappresentando le schermature dei cavi e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura. Nel caso in questione, essendo le linee interne MT interrate, l'unica linea che si ritiene critica per la produzione di campi elettrici è il raccordo aereo AT da realizzare a cui si allaccerà l'impianto tramite la cabina di consegna.

Pertanto, le fasce di rispetto saranno determinate dall'ente distributore in funzione del tipo di linea da realizzare seguito STMG da parte di Terna.

7.9. Campi elettrici e campi magnetici nelle cabine MT/BT

Nel caso in esame le 24 cabine MT/BT vengono installate all'interno del campo agro-fotovoltaico non in prossimità da zone abitate.

Si applicano comunque i limiti del DPCM 8/7/03 che impongono come valori $3 \mu T$ e $10 \mu T$. Per il calcolo proposto bisogna fare le seguenti considerazioni:

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Ott. 2022
		Pagina 18

- Il campo magnetico dipende dal valore della corrente e questa dipende dal carico;
- I limiti si riferiscono a valori mediani misurati nell'arco delle 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio.

Nella nostra situazione nelle cabine MT/BT, il campo magnetico è più elevato in corrispondenza della linea che collega i trasformatori (uno per cabina) al quadro generale BT situato nelle cabine stesse. La verifica del rispetto dei limiti imposti dalle norme verrà eseguito per il tratto di linea sopra indicato che comporta il maggior contributo in termini di induzione magnetica.

7.10. Calcolo e verifica dei campi ELF emessi condizioni di carico ed ipotesi di calcolo

Per il collegamento del quadro di bassa tensione presente in cabina (Grid Board) con il secondario del trasformatore si utilizzano cavi di tipo FG16OR16.

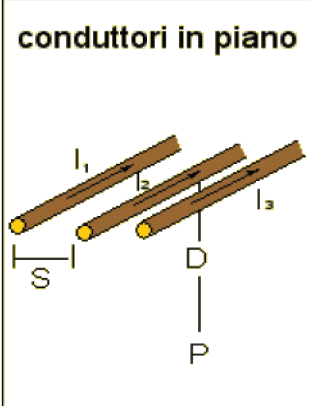
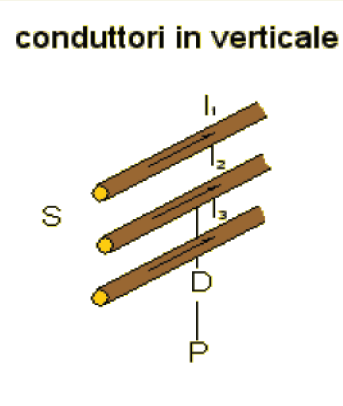
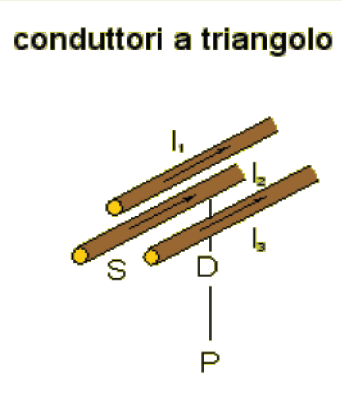
La corrente nominale che scorre su ciascun conduttore nella situazione di massima produttività dell'impianto agro-fotovoltaico sarà di:

$$I = \frac{A}{\sqrt{3} \cdot V}$$

dove A è la potenza apparante in VA del trasformatore.

Ogni fase sarà composta da 6 conduttori di sezione 150mm². I 6 conduttori di ogni fase saranno fascettati e successivamente le tre fasi di 3 conduttori ciascuna che uniscono il grid board con il secondario del trasformatore elevatore saranno posate nella vasca sottostante la cabina elettrica. La posa dei tre cavi sarà effettuata in orizzontale mantenendo la distanza minima tra i conduttori.

Il campo elettrico risulta ridotto essendo i cavi interessati percorsi da correnti in bassa tensione. Dovranno invece essere valutati i campi di induzione magnetica generati essendo i valori di corrente elevati.

conduttori in piano	conduttori in verticale	conduttori a triangolo
		
$B_P (\mu T) = 0,346 \times I/D \times S/D$		$B_P (\mu T) = 0,245 \times I/D \times S/D$

Induzione magnetica generata nel punto P da una linea trifase con conduttori rettilinei, paralleli e correnti equilibrate e simmetriche (CEI 106-12)

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 19

7.11. Risultati del calcolo e conclusioni per i cavi entranti lato bt nei locali di Conversione/Trasformazione

Nel caso in esame abbiamo un sistema trifase collegato a triangolo simmetrico ed equilibrato, con conduttori spazati s ; il campo per cavi rettilinei ha un andamento simile a quello dei Sistemi monofase con valore:

$$B=0,245 \times (I \times S) / D$$

I tre cavi per ogni fase sono di tipo FG16OR16. Le tre fasi sono disposte a triangolo per minimizzare la distanza tra di esse.

Essendo il diametro di ogni cavo di circa 25 mm si può assumere la distanza massima dei tre lati del triangolo formato di circa 150 mm, quindi la distanza tra due conduttori da considerare diventa:

$$d = 150 \text{ mm.}$$

7.12. Calcolo per locali di Conversione/Trasformazione

La potenza attiva si assume pari alla potenza nominale di picco del campo agro-fotovoltaico suddivisa per ogni cabina inverter e di trasformazione (n.24).

Quindi la corrente che scorre in ogni fase del lato BT del trasformatore sarà pari a:

$$I = \frac{2.500.000}{\sqrt{3} \cdot 800} = 1804,21 \text{ A}$$

La relazione applicabile al caso in esame è quindi la seguente:

$$B = \frac{0,245 \cdot 1804,21 \cdot 0,15}{r}$$

dove "r" è la distanza alla quale si calcola l'induzione magnetica.

Pertanto, si verifica che per la cabina si ottiene un valore di induzione $B \leq 3 \mu\text{T}$ alla distanza di $r \geq 23 \text{ m}$.

Come si può notare il valore indicato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 di $3 \mu\text{T}$ non si raggiunge a distanza maggiore di 23 m dalle cabine di nuova realizzazione. Ovviamente il cavo sarà posato all'interno della struttura che andrà a minimizzare ulteriormente i valori di induzione magnetica. Inoltre, i calcoli sono stati effettuati per la situazione in cui l'impianto, si trova in condizioni di massima produttività e questo avviene solo durante le stagioni estive e per poche ore al giorno.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_55 Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico	Pagina 20

Per le considerazioni sopra svolte, per le indicazioni che vengono dalla letteratura scientifica e per le risultanze di calcolo, si può affermare che le cabine di trasformazione BT/MT dell'impianto agro-fotovoltaico daranno contributi in termini di campo elettrico e di induzione magnetica che nei riguardi delle abitazioni più prossime risulteranno al di sotto dei limiti di esposizione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003.

8. CONCLUSIONI

Il parco agro-fotovoltaico e le opere annesse non producono effetti negativi da campi elettrici e magnetici sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica.

Il trasporto di energia all'interno dell'impianto fotovoltaico lato bassa tensione, avvengono nel rispetto delle norme in vigore, non vi sono aree interessate ad esposizioni da considerarsi a lungo termine, le emissioni dell'impianto riguardano soltanto la produzione di radiazioni non ionizzanti provenienti dai cavidotti di collegamento con la rete MT di Distribuzione e considerando che tali cavidotti sono interrati e protetti il valore di tale emissione è pressoché da considerarsi trascurabile "nullo" .

La limitazione dell'accesso all'impianto a persone non autorizzate garantisce ampiamente di rispettare la distanza di sicurezza tra persone e sorgenti di campi elettromagnetici.

Anche le opere utili all'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale rispettano in ogni punto i massimi standard di sicurezza e i limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione da campi elettromagnetici.