

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO “GR GUSPINI”	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 1 di 23

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	4
3	OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08.....	7
4	FASCE DI RISPETTO E DPA SECONDO DM 29.05.08	8
4.1	Calcolo DPA cavidotti interrati a 36 kV.....	8
4.1.1	<i>Cavidotto composto da una terna 3x1x95 mm²</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Cavidotto composto da due terne 3x1x95 mm²</i>	<i>10</i>
4.1.3	<i>Cavidotto composto da tre terne 3x1x95 mm²</i>	<i>11</i>
4.1.4	<i>Cavidotto composto da cinque terne 3x1x95mm²</i>	<i>12</i>
4.1.5	<i>Cavidotto a 36 kV di connessione alla RTN.....</i>	<i>13</i>
4.2	Cabine Elettriche di Conversione e Trasformazione	14
4.3	Cabinati contenenti il sistema BESS – Battery block.....	15
4.4	Cabina elettrica colletttrice d’impianto.....	17
5	PRESENZA DI PERSONE NELL’IMPIANTO	18
6	CONCLUSIONI	19
7	LEGGI, NORME E REGOLAMENTI	21
7.1	Norme legislative	21
7.2	Norme tecniche	21
7.3	Guide ENEL	21
7.4	Altri riferimenti bibliografici	21

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO “GR GUSPINI”	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 2 di 23

1 INTRODUZIONE

La Greenergy Rinnovabili 7 S.r.l., avente sede in Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI), intende realizzare un impianto agrivoltaico con moduli fotovoltaici installati su inseguitori solari monoassiali ubicato in Comune di Guspini (Provincia del Sud Sardegna), denominato “GR Guspini”.

La centrale solare in progetto avrà una potenza complessiva AC di 80,02 MW, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter (potenza nominale lato DC pari a 89,277 MWP), e sarà costituita da n. 2768 inseguitori monoassiali (n. 309 tracker da 2x14 moduli FV e n. 2459 tracker da 2x28 moduli FV); l'impianto sarà altresì integrato con un sistema di accumulo elettrochimico da 27,5 MW/110,08 MWh.

L'intervento ha ottenuto il preventivo di connessione di cui al codice pratica TERNA n. 202200411 relativo ad una potenza 80,54 MW in immissione e 28 MW in prelievo; anche quando il funzionamento dell'impianto avverrà con il sistema di accumulo esso verrà limitato alla massima potenza erogabile coincidente con il limite imposto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

In accordo con la citata Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), l'impianto sarà collegato in antenna sulla sezione a 36 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 220/150/36 kV della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), da inserire in entra - esce alla linea RTN a 220 kV “Sulcis - Oristano”. L'elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento alla citata Stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

La presente relazione, in conformità al procedimento per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del D.M. 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), fornisce una valutazione previsionale dei campi elettromagnetici associati all'esercizio delle opere impiantistiche relative alla messa in esercizio delle infrastrutture elettriche necessarie, stimando quantitativamente i valori delle fasce di rispetto (distanza di prima approssimazione - DPA) dalle opere previste dal progetto.

La determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle opere elettromeccaniche che insistono sulla porzione di territorio interessata dal progetto è stata condotta in accordo con i seguenti criteri:

- sono stati considerati i dati caratteristici delle linee e si è assunta come portata in corrente circolante nelle linee, la relativa “corrente in servizio normale” così come definita all'interno della norma CEI 11-60 per le parti aeree e la CEI 11-17 per le linee in cavo;
- le linee sono schematizzate secondo quanto previsto dalla norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- delimitazione delle regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 µT (art. 4 DPCM 8 luglio 2003, obiettivi di qualità);
- le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto arrotondando all'intero più vicino le dimensioni espresse in metri. Detta fascia comprende

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 Greenergy <small>Renewables</small>	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 3 di 23	

tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

In attesa della pubblicazione delle specifiche tecniche da parte di Terna su cavi, celle e apparecchiature per le connessioni a 36 kV (attualmente oggetto di valutazione, indagine di mercato e verifiche di cantiere da parte di Terna), ogni indicazione qui riportata ai cavi a 36 kV deve intendersi riferita a cavi da 20,8/36 kV o cavi da 26/45 kV commercialmente disponibili e idonei allo scopo.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 4 di 23

2 PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al D.M. 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati.

Al fine di facilitare la lettura della presente relazione si richiamano le seguenti definizioni:

Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto (Figura 2.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO “GR GUSPINI”	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 5 di 23

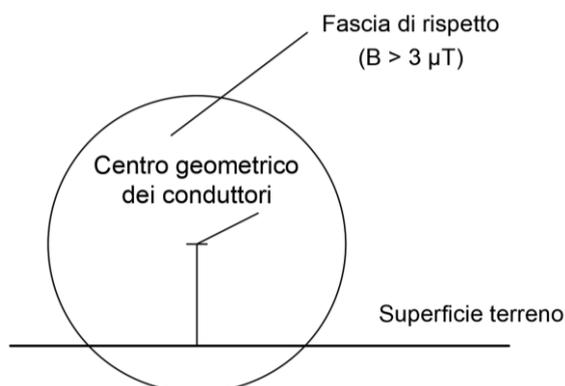


Figura 2.1 - Fascia di rispetto intorno all'elettrodotto

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h) giornaliere.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu T$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17).

Distanza di prima approssimazione (DPA): Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 2.2).

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia). Mentre per le cabine elettriche è intesa come la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu T$.

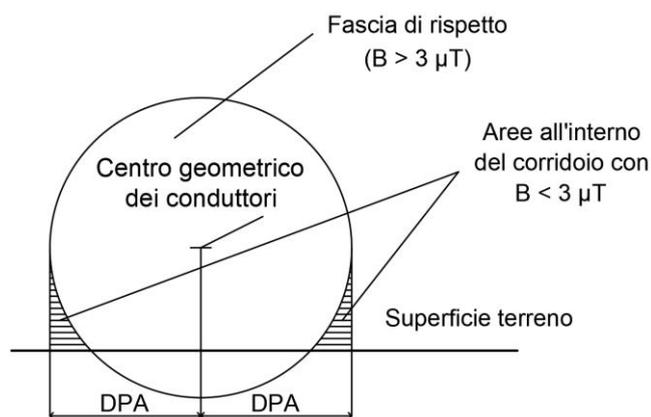


Figura 2.2 - Calcolo della DPA per un elettrodotto

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 6 di 23

Elettrodotto: insieme delle linee elettriche per il trasporto dell'energia elettrica;

Linea: collegamenti con conduttori elettrici, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione;

Tronco: collegamento metallico che permette di unire due impianti (compresi gli allacciamenti);

Tratta: porzione di tronco di linea avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, meccanico e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN;

Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla trasformazione e/o conversione dell'energia elettrica transitante (Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie e Cabine utente).

Il DM 29.05.08 fornisce quindi le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee in corrente continua);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 7 di 23

3 OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08

Per quanto riguarda l'assoggettamento al D.M. 29.05.08 delle opere da realizzare nell'impianto fotovoltaico in questione, esso è suddivisibile nelle seguenti sezioni:

1. sezione impianto di generazione realizzata con moduli fotovoltaici e distribuzione elettrica in corrente continua, a tensione minore di 1500 V c.c., tramite conduttori isolati;
2. sezione di conversione tramite inverter per passaggio da corrente continua a corrente alternata trifase in bassa tensione, 645 V – 50 Hz;
3. sezione di elevazione della tensione per raggiungere il valore di 36 kV - 50 Hz per la connessione delle cabine di conversione e trasformazione (tramite trasformatore elevatore) e distribuzione con conduttori interrati;
4. sezioni di distribuzione dell'energia, realizzata mediante cavo interrato esercito a 36 kV, tra la cabina di raccolta d'impianto posta ai confini dell'impianto FV fino ad una futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 220/150/36 kV della RTN.

Tenuto conto di quanto espresso precedentemente, la progettazione dell'impianto fotovoltaico in esame prevede quindi la realizzazione delle seguenti opere assoggettabili al DM 29.05.08:

- cavidotti per la interconnessione delle cabine di conversione e trasformazione interne all'impianto con percorso interrato;
- cavidotto interrato a 36 kV per la connessione della cabina di raccolta alla futura SE della RTN con percorso interrato;
- cabine di conversione e trasformazione;
- cabine di conversione e trasformazione del sistema di accumulo (BESS - Battery Energy Storage System);
- cabina di raccolta.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 8 di 23

4 FASCE DI RISPETTO E DPA SECONDO DM 29.05.08

Nella valutazione delle DPA per le opere strumentali all'impianto fotovoltaico in questione si fa riferimento ai valori di DPA elaborati con riferimento alla norma CEI 106-11 e con il software Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l, che raccoglie diversi moduli di calcolo dei campi magnetici, associabili alle varie tipologie di sorgenti esistenti tra cui quelle in questione. La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed è bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine elettriche.

I valori di DPA sono altresì determinati con riferimento alla Guida ENEL "*Campi magnetici da correnti a 50 Hz - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche*" facendo riferimento alla portata in corrente in servizio normale o alla portata dell'elettrodotto in progetto fornendo la fascia di rispetto con un'approssimazione ≤ 1 m, arrotondando comunque valori trovati al mezzo metro superiore.

4.1 Calcolo DPA cavidotti interrati a 36 kV

I cavi impiegati per la distribuzione interna all'impianto, per la connessione tra le cabine di conversione e trasformazione e quella generale collettoria di impianto sono del tipo ARG7H1RX, o equivalente, di varie sezioni (cavi tripolari ad elica visibile per posa interrata), posati con interrimento diretto o entro tubi corrugati a doppia parete interrati con resistenza allo schiacciamento di 750N ad una profondità media di 1,1 m, con una quota maggiore di 1 m all'estradosso; per tale ragione, le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta e inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

Nella distribuzione a 36 kV interna all'impianto sono previste varie configurazioni con terne multiple di cavi, nei casi in cui si verificano tali configurazioni si indicano i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo tramite il software di simulazione di campi elettromagnetici MAGIC.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 9 di 23

4.1.1 Cavidotto composto da una terna 3x1x95 mm²

In Figura 4.1 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da una terna di cavi 3x1x95 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 247 A.

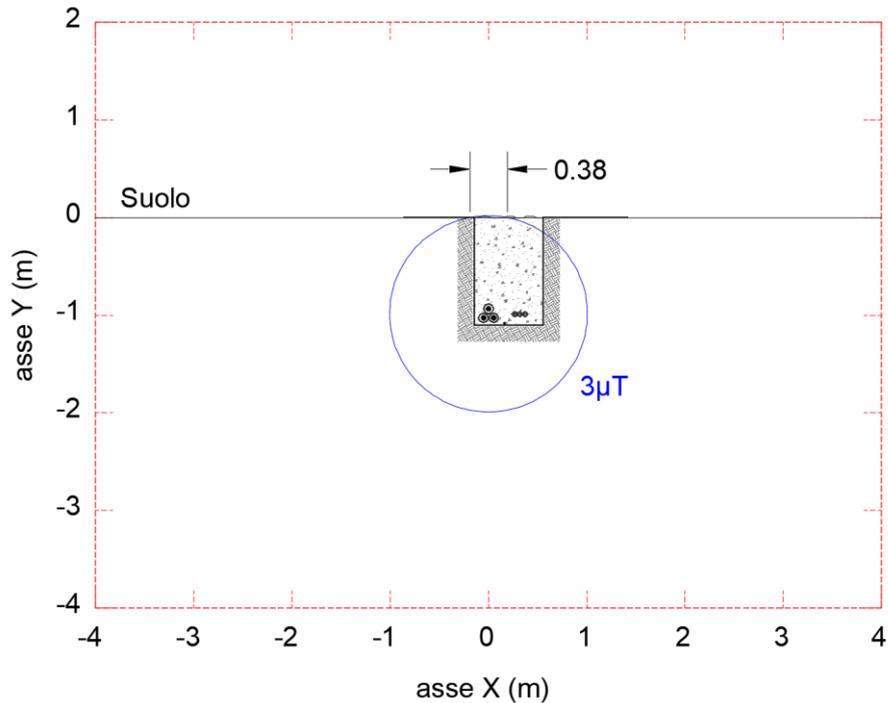


Figura 4.1 - Curva Equilivello 3μT – 1 terna di cavi a 36kV

Le analisi effettuate evidenziano che, nel caso di elettrodotto realizzato con una terna di cavi a 36 kV attraversati da una corrente pari a 247 A, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza circa pari a 0,40 m; pertanto, non è necessario assumere alcuna DPA.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 4.1 - Sezione Tipo "1C" - 1 Circuito di cavi a 36 kV interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x95	247	1,00	0,05

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 10 di 23

4.1.2 Cavidotto composto da due terne 3x1x150 mm²

In Figura 4.2 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da 2 terne di cavi 3x1x150 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 318 A.

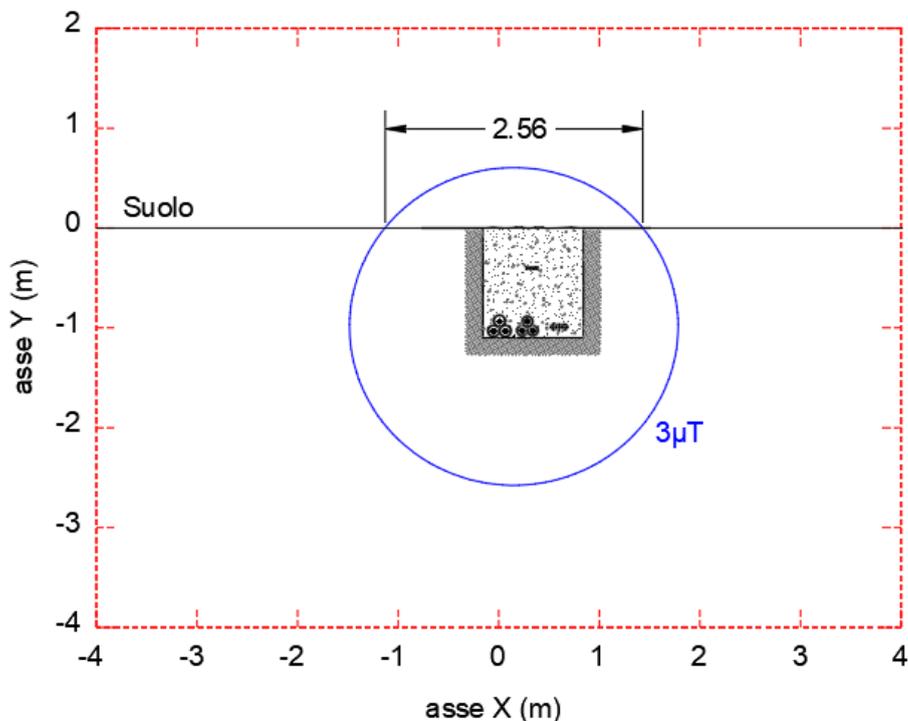


Figura 4.2 - Curva Equilivello 3μT – 2 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con due terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 318 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 2,60 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 2 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 318 A, in adiacenza si assumerà pari a 3,0 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 4.2 - Sezione Tipo "2C" - 2 Circuiti di cavi a 36 kV interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x150	318	1,00	0,05

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 11 di 23

4.1.3 Cavidotto composto da tre terne 3x1x150 mm²

In Figura 4.3 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da tre terne di cavi 3x1x150 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 318 A.

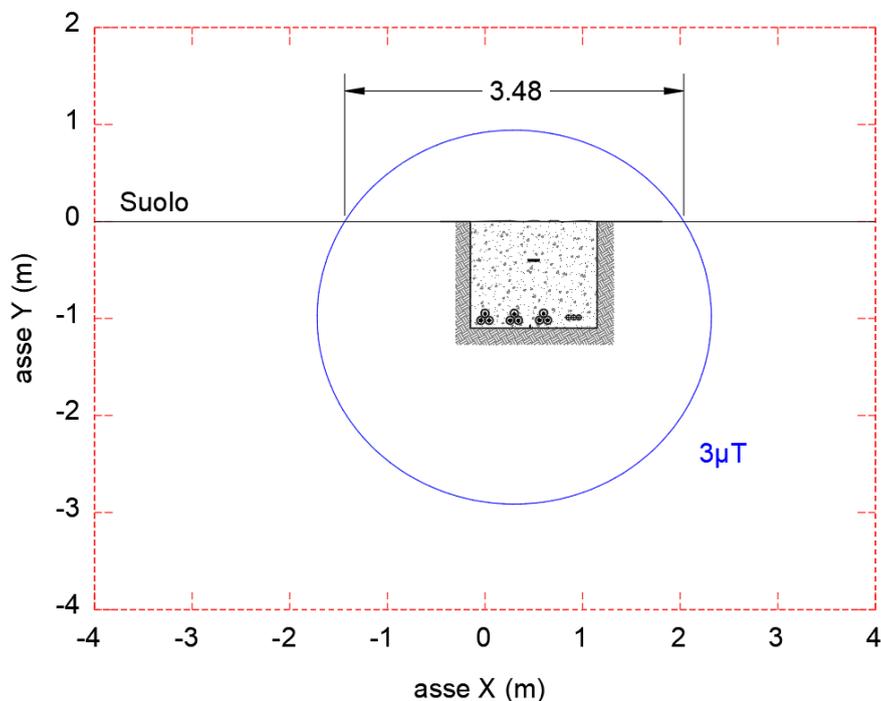


Figura 4.3 - Curva Equilivello 3μT – 3 terne di cavi a 36kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con tre terne di cavi a 36kV, attraversati da una corrente pari a 318 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 3,50 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 3 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 318 A, in adiacenza si assumerà pari a 4 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 4.3 - Sezione Tipo "3C" - 3 Circuiti di cavi a 36 kV interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x150	318	1,00	0,05

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 12 di 23

4.1.4 Cavidotto composto da cinque terne 3x1x95mm²

In Figura 4.3 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da cinque terne di cavi 3x1x95 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione piú alta presente in tale impianto, pari a 247 A.

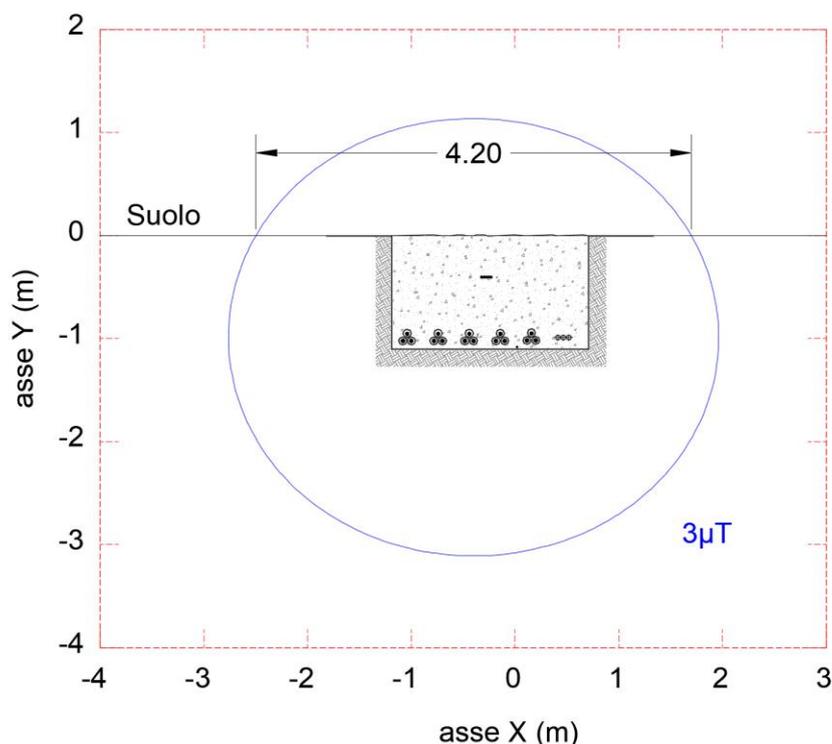


Figura 4.4 - Curva Equilivello 3 μ T – 5 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotta realizzato con cinque terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 247 A, pari alla portata nominale della sezione piú alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 4,20 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotta; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 5 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 247 A, in adiacenza si assumerà pari a 5 a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 4.4 - Sezione Tipo "5C" - 5 Circuiti di cavi a 36 kV interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x95	247	1,00	0,05

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 13 di 23

4.1.5 Cavidotto a 36 kV di connessione alla RTN

L'impianto sarà collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 220/150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce alla linea RTN a 220 kV "Sulcis - Oristano".

Per la connessione del quadro generale presente nella cabina di raccolta con la sezione a 36kV della futura SE di Terna verranno usati cavi del tipo ARG7H1R – 36 kV forniti nella versione unipolare.

In Figura 4.5 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da tre terne di cavi ARG7H1R – 36 kV interrati della sezione di 3x1x630 mm² con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla portata nominale della sezione scelta, pari a 706 A.

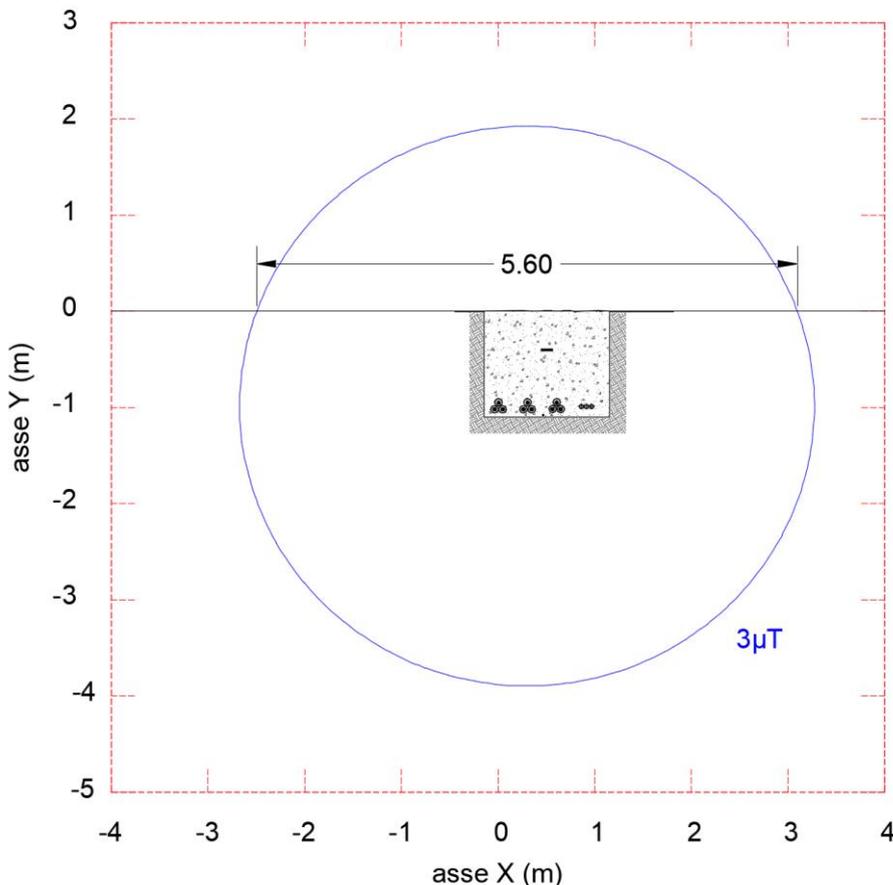


Figura 4.5 - Curva Equilivello 3 μ T – 3 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con tre terne di cavi a 36kV, attraversati da una corrente pari a 706 A, pari alla portata nominale della sezione scelta, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 5,60 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per il cavidotto di collegamento dell'impianto con la futura SE RTN costituito da 3 terne di conduttori di

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	 OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 14 di 23

sezione pari a 3x1x630 mm² attraversati da una corrente pari a 706 A, in adiacenza si assumerà pari a 6 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 4.5 - Sezione Tipo "3C" - 3 Circuiti di cavi a 36 kV interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x630	706	1,00	0,05

4.2 Cabine Elettriche di Conversione e Trasformazione

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico prevede l'impiego di n. 26 cabine di conversione e trasformazione, modello HEMK 645V – FS2285K/FS3430K, realizzate mediante struttura aperta in cui alloggeranno inverter e trasformatori secondo la configurazione rappresentata in Figura 4.6.

In particolare, sono previste:

- N.8 Cabine da 2285 kW: equipaggiata con n.1 inverter da 2285 kVA, n. 1 trasformatore elevatore di potenza pari a 2300 kVA e n.1 trasformatore ausiliario da 10/15 kVA, ed i quadri di sezionamento e manovra;
- N.18 Cabine da 3800 kW: equipaggiata con n.1 inverter da 3430 kVA, n. 1 trasformatore elevatore di potenza pari a 3800 kVA e n.1 trasformatore ausiliario da 10/15 kVA, ed i quadri di sezionamento e manovra.

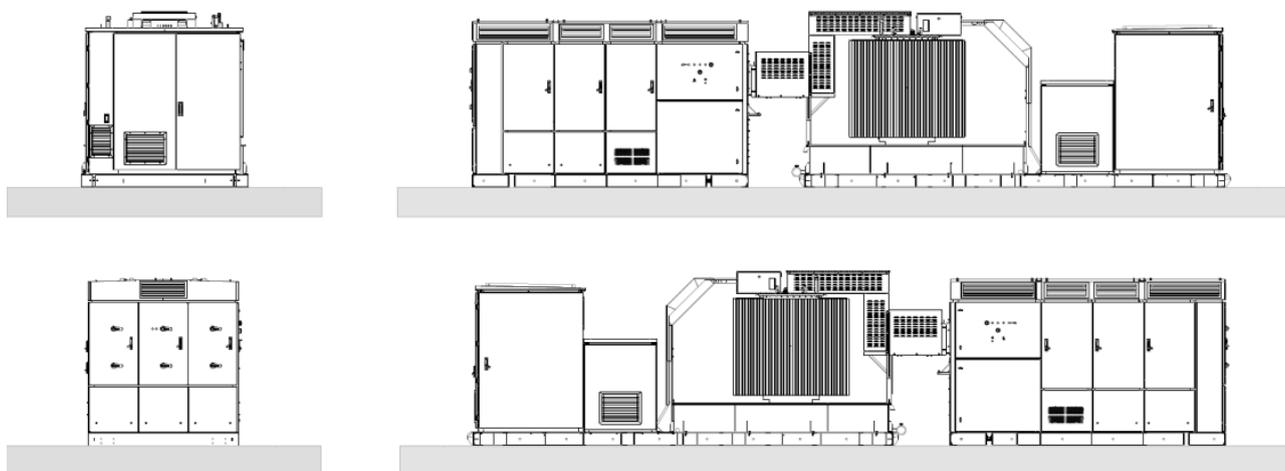


Figura 4.6 - Tipologia cabina di conversione/trasformazione

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO “GR GUSPINI”	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 15 di 23

Nel caso delle cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al DM 29.05.08, la fascia di rispetto è intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina e va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dall'inverter applicando la seguente relazione:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

Dove:

- I è la corrente nominale BT in ingresso/uscita dal trasformatore;
- x distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (0,05 m).

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Nel caso delle cabine di conversione e trasformazione 0,645/36 kV dei sottocampi, trattandosi di cabine con correnti nominali bt massime pari a 3970 A, la DPA si può assumere pari a 5 metri secondo quanto illustrato in Figura 4.7.

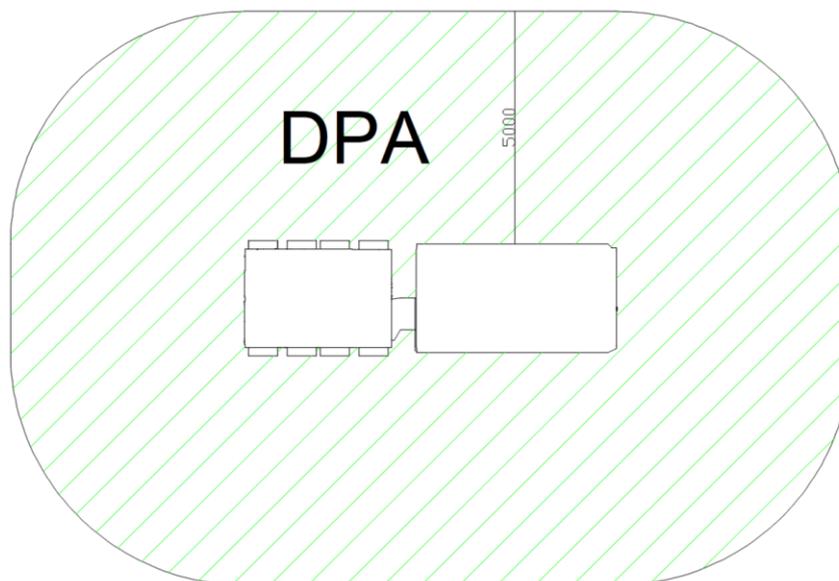


Figura 4.7 - DPA (in mm) per le cabine di conversione e trasformazione

4.3 Cabinati contenenti il sistema BESS – Battery block

Il sistema di accumulo prevede i seguenti sottosistemi e componenti per realizzare la configurazione illustrata:

- Accumulatori elettrochimici o batterie, assemblati in serie/parallelo in modo da formare i moduli; più moduli in serie vanno infine a costituire il rack;
- Battery Management System (BMS), il sistema di gestione che monitora le principali grandezze elettriche e fisiche dell'assemblato batterie e dei singoli elementi, garantendone il funzionamento in sicurezza ed assicurando le funzioni di protezione;

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 16 di 23	

- Power Conversion System (PCS), sistema di conversione statica di potenza che effettua la conversione bidirezionale caricabatterie-inverter;
- Battery Protection Unit (BPU), che lavora direttamente con il BMS per la protezione delle batterie;
- Energy Management System (EMS), cioè il sistema di controllo che governa l'intero BESS;
- Trasformatore di potenza 0,55/36 kV;
- Quadri elettrici a 36 kV;
- Sistema di misura e monitoraggio;
- Controller BESS e sistema SCADA (BESS PPC);
- Sistemi ausiliari (HVAC, antincendio, Illuminazione, UPS ecc.)

Il BESS si connette alla rete mediante trasformatori elevatori 0,55/36 kV e quadri di parallelo dotati di protezioni di interfaccia.

Per quanto riguarda le batterie, la tecnologia prevista nel progetto è quella degli ioni di litio, per efficienza, compattezza e flessibilità di utilizzo. Le stesse sono dotate di involucri sigillati per contenere perdite di elettrolita in caso di guasti ed eventi incidentali e sono alloggiata all'interno di container (Figura 4.8).



Figura 4.8 - Container batterie SUNGROW - ST2752UX

L'energia verrà impiegata per la realizzazione dei cicli di carica e scarica nelle batterie in Bassa Tensione e a frequenza pari 50 Hz; nel trasformatore di macchina integrato nel BESS la tensione sarà successivamente elevata al livello di 36 kV.

Nella configurazione in esame sono previsti blocchi con 8 container per le batterie e 1 PCS ciascuno secondo lo schema in Figura 4.9.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 17 di 23

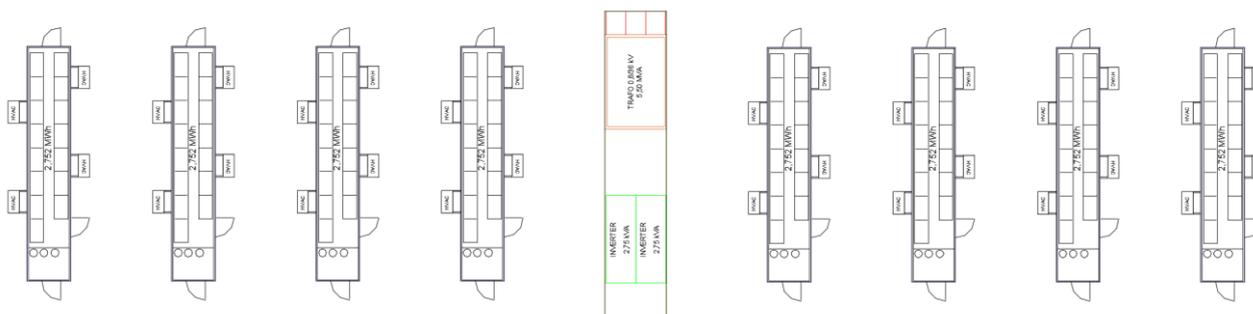


Figura 4.9 - Layout singolo battery block

Il battery block è costituito anche dai dispositivi di gestione dell'energia del sistema di batterie e dal collegamento alla rete elettrica nazionale:

- Sistema di conversione bidirezionale DC /AC (PCS);
- Trasformatori di potenza 0,55/36 kV;
- Quadri elettrici a 36 kV;
- Sistema locale di gestione e controllo dell'assemblaggio della batteria (Sistema di gestione della batteria "BMS");
- Sistema locale di gestione e controllo integrato dell'impianto (Impianto SCADA);
- Apparecchiature elettriche (quadri elettrici, trasformatori) per il collegamento alla rete elettrica nazionale.

Dal punto di vista delle valutazioni dei CEM nel caso delle cabine elettriche di conversione e trasformazione per sistemi di accumulo BESS si può assumere cautelativamente la stessa DPA delle cabine di conversione del campo fotovoltaico.

4.4 Cabina elettrica colletttrice d'impianto

Sulla cabina generale colletttrice di impianto convergeranno esclusivamente cavi a 36 kV con una corrente massima molto inferiore alle correnti in gioco nelle cabine di conversione e trasformazione; sono inoltre presenti all'interno solo trasformatori per servizi ausiliari di potenza trascurabile.

Essendo la corrente di riferimento delle linee a 36 kV molto inferiore della corrente di riferimento per il calcolo della DPA delle cabine di trasformazione, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2 m.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 18 di 23

5 PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO

L'impianto in progetto verrà telecontrollato a distanza e non richiede presenza costante di personale negli edifici durante il normale funzionamento.

I locali tecnici dell'impianto saranno non presidiati, e con presenza umana limitata ai brevi tempi necessari per l'effettuazione di controlli, le verifiche, ispezioni e manovra impianti delle apparecchiature elettromeccaniche, le quali saranno conformi alle normative in vigore in termini di protezione ed emissione di campi elettromagnetici. Non saranno presenti apparecchiature che introducono problematiche particolari in termini di emissione di onde elettromagnetiche e/o radiazioni non ionizzanti.

Il personale sarà presente solo saltuariamente per controlli e quindi con permanenze limitate e prevalentemente inferiori alle quattro ore, oppure per manutenzione straordinaria o programmata con permanenze sicuramente superiori alle quattro ore.

La manutenzione che potrebbe esporre il personale a campi elettromagnetici, riguarda le cabine di conversione e trasformazione. Nella quasi totalità dei casi la manutenzione cosiddetta lunga nella parte di produzione e trasformazione, avviene fuori con gli impianti in sicurezza, quindi in assenza di tensione e corrente e quindi anche in assenza di campi elettromagnetici.

In conclusione, per quanto sopra esposto, la saltuaria presenza di persone nell'impianto non le espone a rischi specifici.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)		OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 19 di 23	

6 CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi dell'impianto fotovoltaico in progetto, avente potenza di 89,277 MW_p (80,02 MW_{AC}) ed ubicato in agro del Comune di Guspini.

L'impianto fotovoltaico presenta sezioni funzionanti in corrente continua o a frequenza industriale 50 Hz, con tensioni limitate ad impianti di I categoria (circuiti alimentati a tensione nominale non superiore a 1000 V c.a. e 1500 V c.c), con l'eccezione dello stadio finale di elevazione a 36 kV richiesta per l'immissione nella rete di trasmissione nazionale.

Le parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- cavidotti per la interconnessione delle cabine di conversione e trasformazione interne all'impianto con percorso interrato;
- cavidotto interrato a 36 kV per la connessione della cabina di raccolta dell'impianto alla futura Stazione Elettrica di Terna con percorso interrato;
- cabine di conversione e trasformazione;
- cabine di conversione e trasformazione (PCS) del BESS;
- cabina di raccolta.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto dalle opere assoggettabili al DM 29.05.08 si può concludere che:

- Per le linee a 36kV relative alle connessioni tra le cabine di conversione e trasformazione e la cabina di raccolta, considerando la sezione più grande presente all'interno dello scavo considerato, la DPA varia a seconda del numero delle terne inserite nello stesso scavo;

N. Terne poste nello stesso scavo	Sezione di cavo maggiore presente nello scavo [mm ²]	$B \leq 3\mu T$ [m]	DPA [m]	Fascia di Rispetto [m]
1 Terna	95	0,4	0 m	Nessuna
2 Terne	150	2,6	1,5	3
3 Terne	150	3,5	2,0	4
5 Terne	95	4,2	2,5	5

- Per il cavidotto di collegamento della cabina di raccolta con la futura SE RTN di Terna, considerata la tipologia del cavidotto, composto da tre terne di sezione pari a 630mm², si assume una DPA pari a 3 m;

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO “GR GUSPINI”	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 20 di 23

- Nel caso delle cabine elettriche di conversione e trasformazione dei cluster, la DPA si può assumere pari a 5 m;
- Nel caso delle cabine elettriche cabine di conversione e trasformazione per sistemi di accumulo BESS si assume pari a 6 m;
- Per la cabina colletttrice di impianto, tenuto conto che la corrente di riferimento delle linee a 36 kV è molto inferiore della corrente di riferimento per il calcolo della DPA delle cabine di conversione e trasformazione, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2 m.

All'interno delle succitate DPA, alcune ricadenti all'interno di aree entro la quale non è consentito l'accesso al pubblico, non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

In conclusione, per quanto sopra esposto e secondo i criteri di valutazione adottati, non sono rilevabili rischi specifici a carico della salute umana attribuibili alla propagazione di campi elettromagnetici.

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO “GR GUSPINI”	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 21 di 23

7 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

L'impianto dovrà essere realizzato “a regola d’arte”, sia per quanto riguarda le caratteristiche di componenti e materiali sia per quel che concerne l’installazione. A tal fine dovranno essere rispettate norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell’impianto stesso, alcune delle quali richiamate nella presente relazione.

Le principali leggi, norme e regolamenti cui il presente progetto si uniforma sono nel seguito richiamate.

7.1 Norme legislative

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”. G. U. n. 55 del 7 marzo 2001;
- 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” - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003;
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008. Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).

7.2 Norme tecniche

- CEI 211-6. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana;
- CEI 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.
- 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;
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

7.3 Guide ENEL

- Enel. Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

7.4 Altri riferimenti bibliografici

- M. Bruni e altri. Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT). ARPA Emilia Romagna;
- G. Licitra, F. Francia, N. Colonna. Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche MT/BT di U.O. Fisica Ambientale Dipartimento ARPAT di Livorno;

COMMITTENTE GREENERGY RINNOVABILI 7 s.r.l. Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI)	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "GR GUSPINI"	COD. ELABORATO GREN-FVG-RP3
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 22 di 23

- Stefano Cheli, Federica Fratini, Mauro Salvadori. Enel. Aspetti tecnici e autorizzativi per l'installazione di cabine secondarie nel rispetto dei limiti normativi esposizione a campi elettromagnetici. Metodologia di valutazione semplificata della fascia di rispetto (DPA). Padova 19/06/09.