

SCALA N.A.	SEDE PROGETTO CAGLIARI		FORMATO A4	
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Novembre 2023	Ing. S. Matta	Innova Service S.r.l.	SKI 40 S.r.l.
DATA Novembre 2023	TIPO DI EMISSIONE Prima Emissione			
Proponente - Sviluppo progetto FV: SKI 40 S.r.l. Via Caradosso n. 9 - Milano (MI) P.IVA 11584400961 			Studio di progettazione LA SIA S.p.a. Viale L. Schiavonetti, 28600173-Roma (RM) P.IVA 08207411003 	
PROGETTO Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “Mogoro Agrisolare” della potenza di picco di 65'902,20 kW + BESS, ubicato nel Comune di Mogoro (OR), e relative opere di connessione alla RTN				
TITOLO ELABORATO RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI				
Coordinamento Progettisti INNOVA SERVICE S.r.l. Via Santa Margherita, 4 – 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it				
GRUPPO DI LAVORO: per INNOVA SERVICE S.r.l. Giorgio Roberto Porpiglia – Architetto Silvio Matta - Ingegnere Elettrico Aurora Melis – Geometra			per La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi – Ingegnere Civile Antonio Dedoni – Ingegnere Idraulico Alberto Mossa – Archeologo Simone Manconi – Geologo Franco Milito - Agronomo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Rita Bosi – Agronomo	
NOME ELABORATO REL_SP_CAME			REV 00	

**RELAZIONE
CAMPI ELETTROMAGNETICI**

SOMMARIO

1) <u>PREMESSA</u>	5
2) <u>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</u>	5
3) <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	6
4) <u>DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI</u>	9
▪ GENERALITÀ	9
▪ CABINE ELETTRICHE DI CAMPO (CABINE DI RACCOLTA DI AREA)	12
▪ CABINA ELETTRICA DI CAMPO (CABINA DI RACCOLTA GENERALE)	13
▪ SISTEMA DI STORAGE	14
5) <u>CAMPI IN PROSSIMITA' DELLE LINEE IN MT E DELLE CABINE</u>	15
▪ ANDAMENTO DEI CAMPI	15
▪ I CAVI INTERRATI	16
6) <u>CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI</u>	16
▪ 6.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO	16
6.1.1 MODULI FOTOVOLTAICI.....	16
6.1.2 INVERTER	16
6.1.3 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA PER LA CONNESSIONE ALLE CABINE DI CAMPO	17
6.1.4 CABINE DI RACCOLTA DI AREA	18
CORRENTE DI CALCOLO:	19
6.1.5 ALTRI CAVI.....	21
7) <u>CONCLUSIONI</u>	26

1) PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e ad esso connesse, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Lo scopo del calcolo della DPA è infatti quello di verificare che all'interno di tale distanza non vi siano luoghi, esistenti o in progetto, destinati a permanenza maggiore di 4 ore. Se ciò si verifica il procedimento si conclude altrimenti sono necessarie ulteriori verifiche con calcoli più approfonditi e precisi delle fasce di rispetto.

In particolare saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche e ai cavidotti presenti all'interno dell'impianto fotovoltaico, individuando, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA associate a tali opere.

Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti all'interno del campo, assumendo per il calcolo le ipotesi di funzionamento più gravose.

2) 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"

3) 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 ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 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 di energia che può essere capace di captare, pari a 62'400 kW.

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz. Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento. Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz".

L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione indicati 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/m²)
0,1-3	60	0,2	-
>3 – 3'000	20	0,05	1
>3000 – 300'000	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/m²)
0,1 – 300'000	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, così come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 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/m²)
0,1 – 300'000	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.

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, 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. In data 29 maggio 2008 il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e

del mare ha emanato il decreto “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” pubblicato sulla G.U. del 5 luglio 2008 n 156.

Tale metodologia riportata nell'allegato, che costituisce parte integrante del decreto sopra citato, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee aeree e interrate, esistenti e in progetto. Per fascia di rispetto s'intende lo spazio circostante di un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del piano campagna, caratterizzati da un valore di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Posto che l'obiettivo di qualità è definito da un valore d'induzione magnetica di $3\mu\text{T}$, calcolare la fascia di rispetto significa individuare il luogo dei punti caratterizzati da un valore di induzione magnetica pari a $3\mu\text{T}$. Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto il decreto prevede un procedimento semplificato ossia il calcolo della distanza di prima approssimazione. Tale procedimento consiste:

- Nel determinare la fascia di rispetto tenendo conto della configurazione delle grandezze elettriche e geometriche dell'elettrodotto;
- Proiettare verticalmente tale fascia sul suolo;
- Comunicare l'estensione rispetto al centro linea e riportare tale distanza lungo tutto il tronco come prima approssimazione.

Per quanto riguarda il calcolo della DPA è possibile applicare quanto previsto dalla norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003” in cui si fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato valido per conduttori orizzontali paralleli.

4) DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

▪ Generalità

L'impianto fotovoltaico "MOGORO Agrivoltaico - FV" sorgerà all'interno di una vasta area pianeggiante individuata a circa 2,5 km dal paese, Mogoro appunto, in provincia di Oristano (OR).

Per tale impianto, secondo la STMG ricevuta e accettata, per poter connettere il nuovo impianto FV alla RTN dovrà essere realizzata una linea di collegamento elettrico alla rete di distribuzione di TERNA tramite <<**collegamento in antenna a 36 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius"**. >>

La distanza stimata per il percorso di connessione, e dunque per il nuovo cavidotto di collegamento, è di circa 22 km.

Tuttavia, visto che ad oggi non risulta ancora essere ben definita la nuova S.E. di cui si parla nella STMG e a cui ci si dovrebbe collegare, al fine di poter comunque allacciare l'impianto che si presume potrebbe essere completato in tempi sensibilmente inferiori, la Società Proponente decide di presentare una soluzione alternativa per la linea di connessione di questo impianto fv alla RTN.

Pertanto la Società Proponente sta predisponendo una richiesta di Modifica della STMG accettata, al fine di ottenere **un allaccio a 150 kV su una S.E. esistente**, e realizzare la connessione del nuovo impianto fv alla RTN tramite una linea interrata a 30 kV che va dall'impianto fv ad una cabina di step-up, e un piccolo tratto a 150 kV per collegare quest'ultima alla S.E. TERNA esistente.

La stazione di step-up, con il compito di elevare la tensione della nuova linea da 30 kV a 150 kV, sarà ubicata in un'area distante 500-700 m dalla S.E. TERNA per l'allaccio a 150 kV. Nell'area dedicata alla stazione di step-up sarà inoltre ubicato anche un sistema di storage.

Per ulteriori dettagli relativi all'esatto percorso dell'elettrodotta, alla stazione di step-up e alle relative caratteristiche tecniche specifiche si rimanda ai rispettivi elaborati di progetto.

Il presente progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra con pannelli FV posizionati su Tracker monoassiali ad asse N-S, con formazione 2P, azimut=0°, Tilt= ±60°, distanza tra le carpenterie pari a 0.5 m, e distanza tra le file (Pitch) pari a 9.5 m.

La potenza complessiva installata a terra è pari a di 65'902.20 kWp, e la potenza in immissione alla RTN (P.O.I.) è pari a 62'400 kW.

L'impianto prevede l'utilizzo di pannelli fotovoltaici monocristallini di tipo bifacciale con potenza di 710 Wp, collegati elettricamente in stringhe da 28 pannelli, che meccanicamente saranno alloggiati in strutture ad inseguimento monoassiale (Tracker) in due formati:

- Tracker 2x28 P, configurato per movimentare ciascuno n° 56 moduli fotovoltaici (2 stringhe);
- Tracker 2x14 P, configurato per movimentare ciascuno n° 28 moduli fotovoltaici (1 stringa);
- Tracker 2x7 P, configurato per movimentare ciascuno n° 14 moduli fotovoltaici (½ stringa);

Complessivamente saranno posizionati e connessi elettricamente 92'820 pannelli fotovoltaici a formare 3'315 stringhe di 28 pannelli ciascuna, la cui energia sarà convertita dalla forma "continua" a quella "alternata" mediante 195

inverter trifase tipo SUNGROW-SG350HX da 320 kVA, dislocati all'aperto in apposita struttura di supporto e posizionati in maniera baricentrica rispetto alle aree da essi servite.

L'impianto è internamente suddiviso in 23 aree, contenenti ciascuna la propria "Cabina di Raccolta di Area" (o Cabina di Campo) con al suo interno di un trafo da **3.00 MVA** (Cabina Tipo I) o da **2.00 MVA** (Cabina Tipo II) che raccoglierà l'energia prodotta dagli inverter della relativa area, e ne eleverà la tensione a 30 kV.

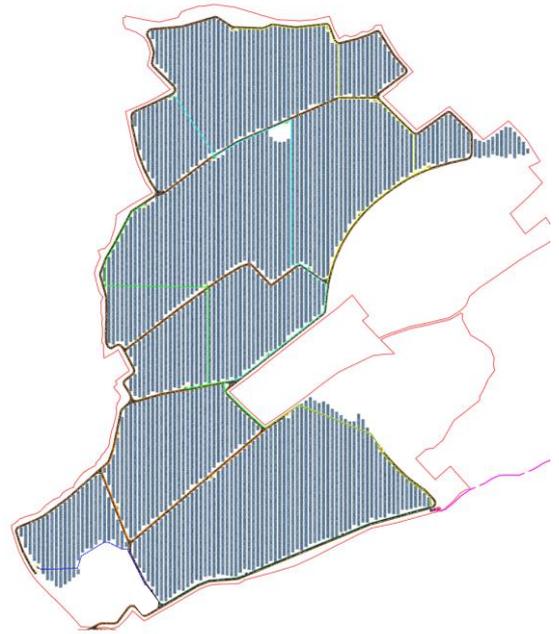
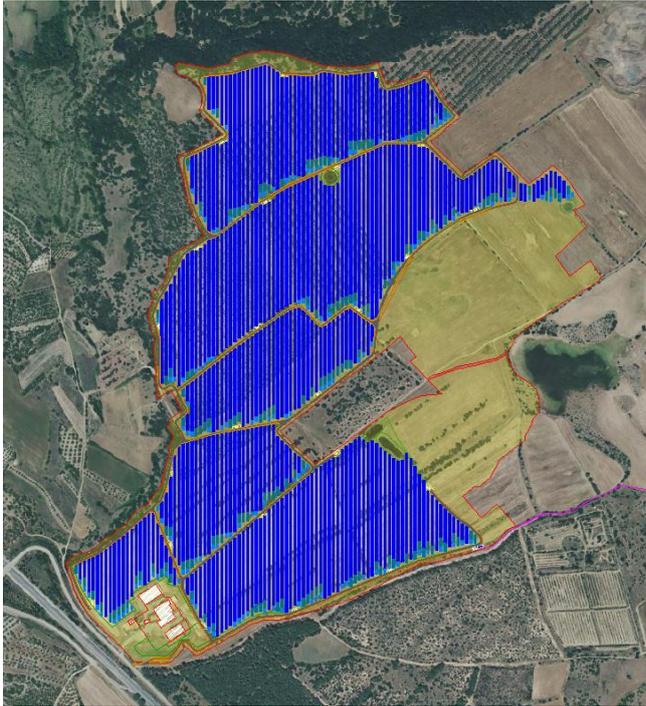
Le stringhe immettono l'energia prodotta dei pannelli mediante linee elettriche in corrente continua alla tensione di circa **1'131 V**. Gli inverter dunque trasformano la potenza ricevuta e la erogano ad una tensione di 800 V trifase alternata, veicolandola tramite apposite linee elettriche interrato verso i rispettivi dispositivi di sezionamento e protezione (interruttori) presenti all'interno delle Cabine di Raccolta di Area (Power Station). La linea di collegamento tra il Quadro Elettrico Generale di BT e il trafo BT/MT porta l'energia captata fino al trasformatore appunto, per effettuare la modifica dei valori di tensione e corrente.

I trasformatori elevatori all'interno di ciascuna cabina BT/MT, della potenza di **3.00** o **2.00 MVA** e presumibilmente del tipo in resina a secco, ricevono dagli inverter l'energia ad una tensione di 800 V a.c. trifase e la elevano a 30 kV per la successiva trasmissione su lunga distanza su appositi elettrodotti interrati che viaggia all'interno del campo fotovoltaico fino alla Cabina Generale di Raccolta a bordo lotto.

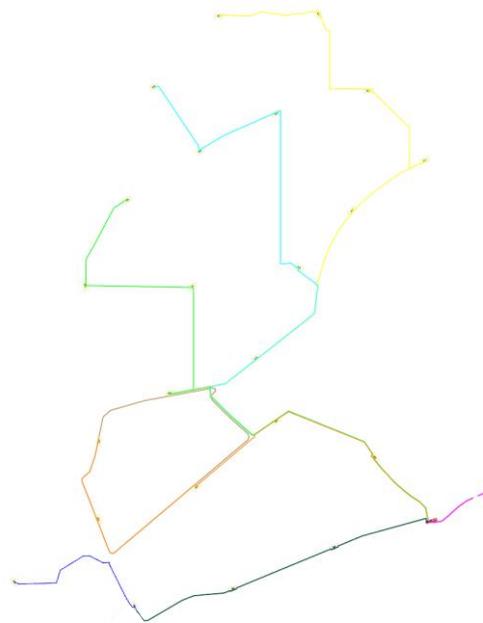
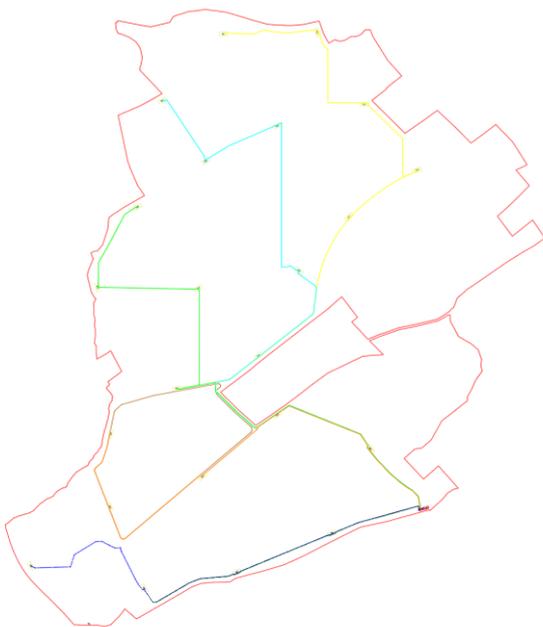


Planimetria generale dell'impianto fotovoltaico e del cavidotto di collegamento tra l'impianto FV e la RTN di TERNA, con indicazione anche della nuova S.E. a cui l'impianto FV verrà collegato.

Il progetto prevede anche la realizzazione di un impianto di **accumulo di energia elettrica su batterie agli ioni litio** (BESS), con una potenza totale pari a **22.75 MW** e una capacità di immagazzinamento di **182.00 MWh**, di tipo modulare, ubicato in un'area in aderenza alla stazione di step-up a sua volta in prossimità del punto di connessione alla S.E: TERNA per il collegamento alla RTN.



Planimetria dell'impianto fv con le linee a 30kV (cavidotti interrati) per il collegamento delle Cabine di Raccolta di Area alla Cabina di Raccolta Generale (C-00).



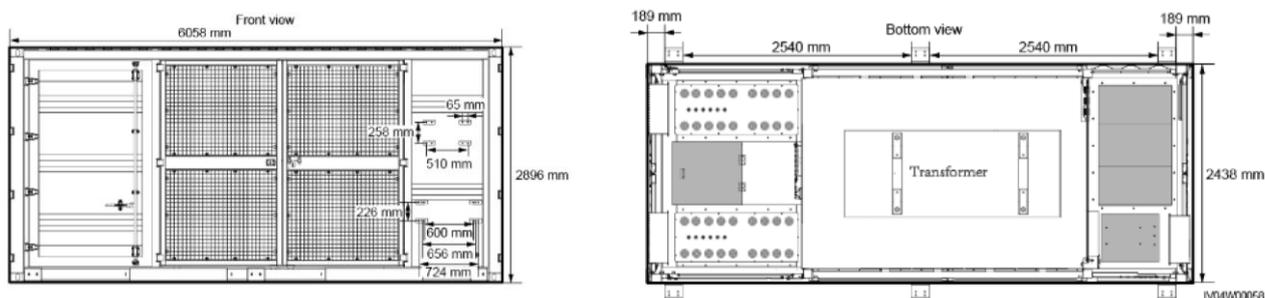
Schema per il collegamento delle Cabine di Raccolta di Area e dei cavidotti interrati in MT a 30 kV per la loro connessione alla Cabina di Raccolta Generale (sotto)

Cabina N°	P out:	Tipo	Linea-1	Linea-2	Linea-3	Linea-4	Linea-5
Cabina-01	1'920'000	2	x 1'920'000				
Cabina-02	1'920'000	2	x 1'920'000				
Cabina-03	1'920'000	2		x 1'920'000			
Cabina-04	2'880'000	1	x 2'880'000				
Cabina-05	2'880'000	1		x 2'880'000			
Cabina-06	1'920'000	2		x 1'920'000			
Cabina-07	2'880'000	1			x 2'880'000		
Cabina-08	2'880'000	1	x 2'880'000				
Cabina-09	2'880'000	1	x 2'880'000				
Cabina-10	2'880'000	1		x 2'880'000			
Cabina-11	2'880'000	1			x 2'880'000		
Cabina-12	2'880'000	1			x 2'880'000		
Cabina-13	2'880'000	1		x 2'880'000			
Cabina-14	2'880'000	1			x 2'880'000		
Cabina-15	2'880'000	1				x 2'880'000	
Cabina-16	2'880'000	1				x 2'880'000	
Cabina-17	2'880'000	1				x 2'880'000	
Cabina-18	2'880'000	1				x 2'880'000	
Cabina-19	2'880'000	1					x 2'880'000
Cabina-20	2'880'000	1				x 2'880'000	
Cabina-21	2'880'000	1					x 2'880'000
Cabina-22	2'880'000	1					x 2'880'000
Cabina-23	2'880'000	1					x 2'880'000
POI:	62'400'000		12'480'000	12'480'000	11'520'000	14'400'000	11'520'000
Lungh. Scavi (m):	7'198.20		1'970.10	1'725.10	1'353.50	1'132.50	1'017.00
Lungh. Linee (m):	7'330.10		2'017.00	1'734.60	1'409.50	1'144.00	1'025.00
Tensione:			30 kV				
Potenza:			12.48 MW	12.48 MW	11.52 MW	14.4 MW	11.52 MW
Corrente:			252.82 A	252.82 A	233.37 A	291.71 A	233.37 A

Tabella di ripartizione delle potenze delle Cabine di Raccolta di Area sulle linee dorsali in MT interne al Campo Fotovoltaico(sotto)

▪ Cabine elettriche di Campo (Cabine di Raccolta di Area)

Le Cabine di Raccolta di Area, in numero di 23, saranno del tipo prefabbricato su apposito box-container metallico, munite di accessi con porte in metallo e griglie di areazione grigliato metallico. Il basamento di fondazione, anch'esso prefabbricato, sarà del tipo a vasca, posate se necessario su basamento in cls cementizio di livellamento e ripartizione carichi al suolo. Nel caso sia presente all'interno un trasformatore in Olio, la stessa sarà dotata di apposita vasca di raccolta per eventuali fuoriuscite di olio dal trasformatore, secondo quanto previsto dalle attuali normative in materia. Per le caratteristiche tecniche si rimanda alla consultazione delle relative schede tecniche.



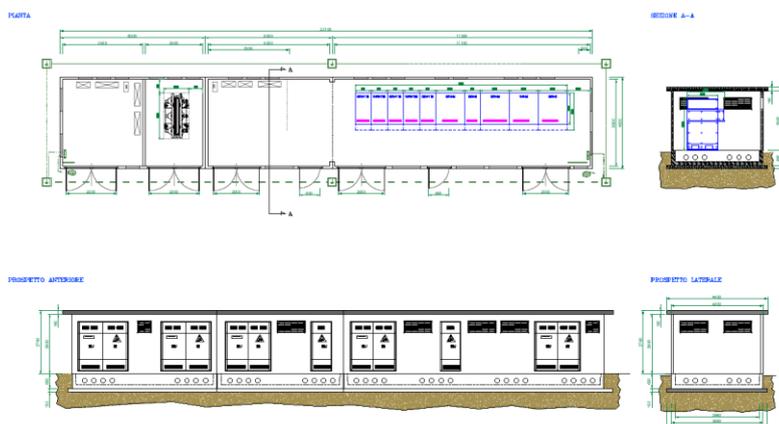
▪ Cabina elettrica di Campo (Cabina di Raccolta Generale)

La Cabina di Raccolta Generale, unica e a bordo impianto, a cui conferiranno energia tutte le 23 cabine interne dell'impianto fotovoltaico tramite 5 linee in MT, sarà del tipo prefabbricato in c.a.v. in monoblocco, munita di accessi con porte in metallo e griglie di aereazione anch'esse in metallo o in vetroresina.

Il basamento di fondazione, anch'esso prefabbricato, sarà del tipo a vasca, posate se necessario su basamento in cls cementizio di livellamento e ripartizione carichi al suolo. Per le caratteristiche tecniche si rimanda alla consultazione delle relative schede tecniche.

La cabina conterrà al suo interno tutti i dispositivi di sezionamento e protezione per le 5 linee in MT in arrivo dalle diverse Cabine di Area in cui è stato suddiviso l'impianto e dalle linee del sistema BESS (Storage). Inoltre saranno presenti i dispositivi per la protezione dell'intero impianto (dispositivi di interfaccia) e quelli per il sezionamento e protezione della linea elettrica che collegherà l'impianto FV alla RTN di TERNA.

La cabina non contiene al suo interno trasformatori di potenza ma, se dal caso, solo un piccolo trasformatore MT/BT per alimentare i servizi ausiliari indispensabili al funzionamento della cabina stessa, e pertanto la corrente che transita all'interno della cabina è pari alla somma delle correnti in arrivo da tutte le linee interne (1'264.09 A), ed è comunque limitata dalla potenza massima che l'impianto può trasmettere in rete, ossia



▪ Sistema di Storage

Il sistema di Storage previsto per questo impianto fv Agrisolare sarà un “impianto di Accumulo (storage) elettrochimico” di tipo modulare, composto essenzialmente da due tipologie di oggetti: i moduli di potenza, contenenti il gruppo “inverter-trafo BT/MT” e i moduli batterie, contenenti appunto gli accumulatori elettrochimici (batterie, appunto). La potenza e la capacità di immagazzinamento di energia potranno essere incrementate, entro i limiti delle potenze autorizzate, con l’aggiunta di moduli base.

Entrambe i dispositivi sono contenuti in “gabbie” e/o container metallici che per loro natura svolgono una funzione di isolamento elettromagnetico, oltre a quella di segregazione e protezione.

La configurazione per il sistema di storage dunque permette uno sviluppo modulare dello stesso, cosicché è stato previsto di poter implementare l’intera capacità dell’impianto in più riprese, in base alle specifiche esigenze della committenza. L’area dedicata allo storage è prevista in aderenza alla stazione di step-up a sua volta nelle immediate vicinanze del punto di connessione alla S.E. di TERNA, e alla sua massima capienza si giunge a poter posizionare 7 moduli base da 3.25 MW di potenza e 26.00 MWh di energia, corrispondenti ad 8 ore di erogazione alla massima potenza.

Le figure seguenti mostrano l’area di storage, con relativi moduli e disposizione degli stessi, e il dettaglio sul singolo modulo di potenza (già ingegnerizzato e assemblato in forma compatta) e container batterie (contenenti le batterie e i sistemi di gestione, controllo ed eventuale raffreddamento delle stesse).



Le batterie sono disposte in rack all’interno dei container, e sono messe in parallelo tramite dei bus in dc che a loro volta le collegano agli inverter.

Le potenze in gioco sono di circa 3.25 MW per i gruppi di potenza, e di 1.625 MWh per ciascun container batterie, che sono valori comparabili con le potenze già viste per le Cabine di Raccolta di Area (Cabina Tipo I: **3.00 MVA**; Cabina Tipo II: **2.00 MVA**) da cui si può dedurre che le DPA siano di valore simile per i gruppi inverter-trafo e invece di valore nettamente inferiore per i container batterie.

Inoltre, a vantaggio della sicurezza vi sono le schermature dovute agli involucri metallici di cui i dispositivi sono dotati.

5) CAMPI IN PROSSIMITA' DELLE LINEE IN MT E DELLE CABINE

Quando si parla degli elettrodotti per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica, date le elevate tensioni e correnti in gioco, non si può non pensare alle elevate intensità di campo elettrico e magnetico da essi generati.

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola.

Entrambi i campi (B) tuttavia decrescono molto rapidamente con la distanza e, inoltre, nel caso di cavidotti e cavi interrati come in questo progetto la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche **rende di fatto il campo elettrico praticamente nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è **sempre garantito** indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

▪ Andamento dei campi

Alla frequenza di 50 Hz, le componenti del campo magnetico ed elettrico possono essere considerate separatamente.

Esaminiamo, allora, distintamente.

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della linea e si attenua, allontanandosi da essa, come l'inverso della distanza dai conduttori.

Contrariamente alle correnti, i valori efficaci delle tensioni sulle linee non variano in maniera apprezzabile nel tempo: l'intensità del campo elettrico può considerarsi, quindi, praticamente costante. La configurazione della linea, se a singola oppure a doppia terna, influenza il campo così come, nelle linee a doppia terna, la disposizione delle fasi di ciascuna terna. L'andamento ed il valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

Anche il **campo magnetico**, così come il campo elettrico, è dato dalla risultante di tre contributi, in questo caso, le tre correnti del sistema trifase. Dall'intensità di tali correnti e dall'ordine delle fasi dipenderà l'ampiezza del campo magnetico.

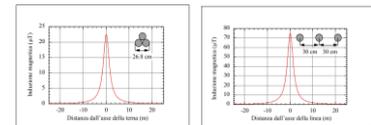
Inoltre, poichè dipende dalle correnti in transito che, durante la giornata, possono variare sensibilmente, allora il campo magnetico non sarà costante durante la giornata, ma negli andamenti temporali sarà possibile individuare dei valori minimi, in genere nelle ore notturne, e dei valori massimi, in corrispondenza delle ore di maggiore irraggiamento solare dell'impianto fv. Rispetto a quanto visto per il campo elettrico, **il campo magnetico decade molto rapidamente allontanandosi dalle linee**.

▪ I cavi interrati

Attualmente le linee interrate sono una delle soluzioni possibili per ridurre l'intensità dei campi. La possibilità di poter avvicinare i conduttori consente di ridurre l'intensità del campo elettrico e magnetico rispetto alle linee aeree.

Le linee interrate sono formate da terne trifasi in cavo, **disposte linearmente** sullo stesso piano, secondo una disposizione detta a terna piana, oppure **disposte a triangolo**, secondo una disposizione detta a trifoglio. Per la trasmissione di energia elettrica ad alte tensioni viene utilizzato un cavo isolato con polietilene reticolato (XLPE) che può trasportare tensioni fino a 400 kV.

Nelle figure al lato, come esempio, sono riportati gli andamenti teorici del campo di induzione magnetica al suolo, relativi ad una terna di cavi in posa piana ed a triangolo, interrati alla profondità di 1.5 m dal suolo. Il cavo utilizzato è in XLPE.



Il campo elettrico (non riportato nelle figure) risulta ridotto in maniera significativa data la possibilità di avvicinare i cavi e per l'effetto schermante dovuto alla guaina metallica ed al terreno.

La riduzione del campo elettrico operata grazie all'effetto combinato dell'azione schermante del terreno e dalla maggior prossimità reciproca tra i conduttori della linea, a differenza di quanto avviene in una linea aerea, è in parte annullata dalla possibilità, per gli individui, di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, che sono di solito interrati a soli 1.5 m di profondità.

Al contrario, il campo magnetico non risente di questi effetti schermanti ed in particolare sull'asse di una terna interrata assume un valore massimo più elevato di quello prodotto da una linea aerea che trasporta la stessa potenza.

6) CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

▪ 6.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

6.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua, 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), peraltro di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici secondo la Norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono pertanto menzionate prove di compatibilità elettromagnetica **poiché assolutamente irrilevanti**.

6.1.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano

le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

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

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter scelti presentano un THD globale inferiore all' 1%;
- i disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle proprie linee;
- le variazioni di tensione e frequenza. Gli effetti sulla rete di tali variazioni sono limitati dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Tuttavia, le fluttuazioni di tensione e frequenza hanno per lo più origine dalla rete stessa; si rendono quindi necessarie finestre di taratura abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;
- la componente continua immessa in rete. La presenza del trasformatore elevatore permette di bloccare tale componente. Ad ogni modo, anche 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.

Alla luce di quanto detto e considerando che gli inverter hanno potenza –e corrente relativa - abbastanza bassa (320 kW ad 800 Vac, I= 243 A), e che i cavi BT per il trasporto della energia prodotta viaggiano in cavidotto interrato, non sono menzionate ulteriori prove di compatibilità elettromagnetica ***poiché assolutamente irrilevanti.***

6.1.3 Linee elettriche in corrente alternata per la connessione alle Cabine di Campo

Per il trasporto dell'energia dalle cabine di campo alla Cabina di Raccolta Generale a bordo lotto (C-00) si prevede la realizzazione di cavidotti interrati con linee in MT (30 k V, ~ 50Hz, trifase) e l'utilizzo di cavi tipo ARP1H5(AR)EX 18/30 kV ad elica visibile, in alluminio, per i quali si ritiene valga quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Infatti, come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3\mu\text{T}$, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso.

Inoltre, considerando quindi che anche il decreto del 29/05/2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata, ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a **1 m**, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto **uguale alla fascia di asservimento della linea.**

Si precisa peraltro che il tracciato dei cavi BT ed MT si sviluppa completamente all'interno dell'impianto fotovoltaico stesso, e inoltre le linee elettriche transitano su cavidotti interrati (quelle in MT prevedono una profondità minima di posa di 1.50 m) per l'intera lunghezza dei percorsi, che vanno da ciascuna Cabina di Raccolta di Area alla Cabina di Raccolta Generale.

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**, anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi, in quanto frequentate da persone professionalmente esposte.

Discorso analogo ovviamente per i tratti in cui il cavidotto interrato prevede il passaggio di tutte e 5 le linee in MT che ovviamente trasportano in somma la potenza dell'intero impianto, nell'ultima porzione di percorso in cui le stesse si riuniscono per giungere alla Cabina di Raccolta Generale di impianto.

Tuttavia, nel momento in cui sono presenti più terne elicordate, per il calcolo dell'induzione magnetica generata in un dato punto, da tutte le terne congiuntamente, è stata fatta una stima con somma aritmetica delle correnti che ogni terna elicordata trasporterebbe da sola. La sovrapposizione di tipo aritmetico non è quello che avviene generalmente nella realtà, perché la composizione dei contributi di ogni singola terna elicordata, al valore totale dell'induzione magnetica, andrebbe considerata come una somma vettoriale di fasori.

Lo scegliere una somma aritmetica e non vettoriale è giustificato dalle seguenti assunzioni:

1. La somma aritmetica è cautelativa. Infatti, la somma vettoriale coincide con la somma aritmetica solo in caso di sincronismo temporale dei vettori di induzione magnetica associati ad ogni singola terna elicordata, e nel caso di un impianto fv possiamo dire con ragionevole certezza che tutte le aree saranno in "produzione" negli stessi intervalli di tempo e, poiché tutte le linee convergono verso la Cabina di Raccolta Generale, tutte le correnti fluiscono nella stessa direzione.

2. L'induzione magnetica generata da una singola terna elicordata varia sia longitudinalmente che valutandola su una circonferenza centrata sull'asse della terna elicordata stessa. Componendo le induzioni magnetiche delle varie terne, può accadere la precedente condizione di sincronismo di fase. Quindi, dal punto di vista radio-protezionistico, il considerare una somma aritmetica è un obbligo piuttosto che una scelta.

Per quanto riguarda invece l'elettrodotto di connessione tra l'impianto fotovoltaico e la nuova SE della RTN di Terna, con livello di tensione pari a 30 kV, si rimanda al relativo elaborato di progetto per maggiori dettagli.

6.1.4 Cabine di Raccolta di Area

Per le 23 Cabine di Raccolta di Area (cabine elettriche di campo) la principale sorgente di emissione è il trasformatore di potenza di tipo BT/MT posto al loro interno (Cabina Tipo I: **3.00 MVA**; Cabina Tipo II: **2.00 MVA**).

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

Nel caso di **cabine elettriche**, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 \cdot x^{0.5241} \cdot \sqrt{I}$$

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

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

Come prescritto all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 i proprietari/gestori provvedono a comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto, ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle autorità competenti, trasmessi mediante relazione contenente i dati caratteristici delle linee o cabine e le relative DPA, come riportati negli **allegati A e B** della presente Linea Guida, rispettivamente per linee AT/Cabine Primarie e per linee MT/Cabine Secondarie.

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 di cui al citato cap.5.2.1 e cioè:

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

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m) [da arrotondare al mezzo metro superiore]

I = corrente nominale (A)

X = diametro dei cavi (m)

Pertanto si hanno i seguenti:

Corrente di calcolo:

▪ Cabine di Raccolta di Area (BT/MT dislocate all'interno del campo fv):

Potenza del **trasformatore** BT/MT della Cabina Tipo I: (**3.00 MVA**)

- Corrente corrispondente in MT (30 k V, ~ 50Hz, trifase): 60.77 A
- Corrente corrispondente in BT (800 V, ~ 50Hz, trifase): 2'280 A

Potenza del **trasformatore** BT/MT della Cabina Tipo II: (**2.00 MVA**)

- Corrente corrispondente in MT (30 k V, ~ 50Hz, trifase): 40.52 A
- Corrente corrispondente in BT (800 V, ~ 50Hz, trifase): 1'520 A

Considerando che per il trasformatore maggiore la corrente in ingresso è pari a 2'280 A, una possibile scelta per il cavo scelto sul lato BT del trasformatore per veicolare tale potenza dovrà essere 4(1x240)mm² per fase, il diametro esterno del cavo da 240 mmq in BT tipico risulta pari a circa 30.40 mm, mentre il diametro equivalente dei cavi in parallelo può

essere determinato analiticamente/graficamente in circa 58.80 mm per fase; con questo valore si ottiene un valore della DPA di circa 4.34 m, che arrotondato per eccesso al mezzo metro superiore dà una **DPA pari a 4.50 m**. Per la cabina di Tipo II si ottiene un valore inferiore (3.54 m che si arrotonda a **4.00 m**).

Le cabine di campo sono posizionate all'aperto, lontane dal confine dell'impianto fotovoltaico e da eventuali aree che possano essere adibite ad attività che prevedono la presenza di persone in maniera continuativa per tempi superiori ai 60 minuti, e le DPA ricadono interamente all'interno di quest'ultima senza interessare luoghi con permanenza di persone pubbliche superiori a 4 ore.

▪ **Cabine di Raccolta Generale (BT/MT posizionata a bordo impianto):**

Potenza in arrivo / in transito nella Cabina di raccolta Generale: 62'400.00 kW
 Corrente corrispondente in MT (30 k V, ~ 50Hz, trifase, cosfi= 0.95)): 1'264.09 A

Il cavo in MT necessario per il trasporto di questa potenza (una possibile formazione del cavo) risulta essere di 3x(3x240) mmq, tripolare ad elica visibile 18/30 kV in alluminio, con un diametro esterno pari a 50.73 mm da cui risulta una DPA pari a 3.94 m che viene arrotondata al mezzo metro superiore per cui: **DPA = 4.00 m**.

▪ **Linee interrate in MT per il trasporto dell'energia internamente al campo fotovoltaico (caso più elevato):**

I cavi impiegati per le connessioni delle cabine di campo saranno disposti con modalità di posa interrata e saranno del tipo tripolare ad elica (elicordati) e in base all'articolo 3.2 del decreto 29 maggio 2008 le linee MT in cavo cordato ad elica (interrate od aeree) sono escluse dalla metodologia di calcolo poiché in questo caso le fasce di rispetto associabili hanno ampiezza ridotta inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Considerando quindi che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata, ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a **1m**, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto **uguale alla fascia di asservimento della linea**.

Per il collegamento delle 23 cabine si prevede la realizzazione di 5 linee trifase MT con cavi tipo ARP1H5(AR)EX 18/30 kV ad elica visibile (o anche cavi unipolari posati a trifoglio), in alluminio, con le seguenti correnti massime e relative sezioni a fine linea:

LINEE AT INTERNE DI RACCOLTA:					
nome:	potenza (MW)	corrente (A)	Ni Cabine:	Lungh. TOT. (m)	Sez. a fine linea (mmq)
Linea L1	12.48	252.82	5.00	2'017	95
Linea L2	12.48	252.82	5.00	1'735	95
Linea L3	11.52	233.37	4.00	1'410	95
Linea L4	14.40	291.71	5.00	1'144	95
Linea L5	11.52	233.37	4.00	1'025	95

Potenza della **linea di trasmissione** tra le cabine interne (la più caricata): 14.40 MW
 o Corrente corrispondente in AT (30 k V, ~ 50Hz, trifase): 292.71 A

Il cavo necessario per il trasporto di una tale potenza risulta avere una formazione di 3x(1x95) mmq con un diametro esterno pari a 34 mm da cui risulta una DPA pari a 1.19 m che viene arrotondata al mezzo metro superiore per cui: **DPA = 1,50 m**.

Poichè si intende utilizzare un cavo BT di tipo elicordato, considerando che anche il decreto del 29/05/2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati (pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata), ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a **1 m**, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto **uguale alla fascia di asservimento della linea**.

Nei tratti in cui le linee viaggiano parallele a distanza ravvicinata e nello stesso cavidotto, inoltre, è stata fatta una stima con le ipotesi indicate nei paragrafi precedenti sulla somma delle correnti, dalla quale si evince che nei punti in cui viaggiano più linee parallele si ottengono valori di DPA calcolati pari a 3.58 che si arrotondano a 4.00m.

Per quanto riguarda i cavi BT, come sopra detto, i relativi cavidotti si sviluppano totalmente all'interno dell'area di impianto e l'ampiezza delle DPA è tale da non invadere zone con la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

▪ **Sistema di Storage (Trafo BT/MT e relativi inverter centralizzati):**

Il sistema di storage in progetto, di tipo modulare, prevede una potenza complessiva di 22'750 kW ed energia immagazzinabile pari a 182'000 kWh.

Questi parametri vengono raggiunti utilizzando i seguenti componenti di base, in moduli:

- Gruppo Inverter/Trafo BT/MT (PCS), tipo: Sungrow SC3450 UD-MV da 3.25 MW max;
- Gruppo Batterie in Container, tipo: Sungrow ST2752 UX da 1.625 MWh;

I dispositivi sono racchiusi all'interno di strutture compatte metalliche, e sono assimilabili a dei sistemi in cabina prefabbricata, pertanto è possibile calcolare la relativa DPA come per le cabine di trasformazione ai paragrafi precedenti, non considerando inizialmente l'involucro metallico (schermante) a vantaggio della sicurezza.

In base alla potenza prevista e al fatto che essa viene ripartita in due gruppi, possiamo calcolare la potenza e la relativa corrente per ciascuno dei trafo:

N°	TRATTO DEL PRECORSO	NUMERO DI LINEE			POTENZA		TENSIONE	CORRENTE	IPOTESI CAVO				DPA					
		Orig.	Add.	TOT.	[MW]	[MW]	[kV]	[I]	Sez. Linea	Sez. eq.	Diam. eq.	Dist. tra cavi	[m]	[m]				
GRUPPI BESS																		
	TRAFO STORAGE				3.25	3.25	800	2'468.93	0.95	C	U		3x500	3x500	60.25	0.15	4.67	5.00
	INVERTER STORAGE				3.25	3.25	800	2'468.93	0.95	C	U		3x500	3x500	60.25	1.15	4.67	5.00
	CONTAINER BATTERIE				1.63	1.63	801	1'232.92	0.95	C	U		2x400	2x400	47.80	2.15	2.92	3.00

6.1.5 Altri cavi

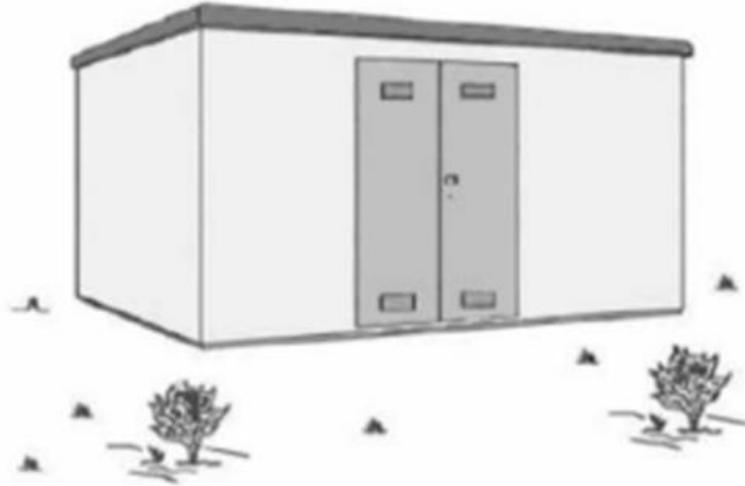
Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato e interessate da correnti di valore estremamente modesto.

TABELLA DEI CALCOLI DEL DPA SUI TRATTI DI LINEA DELL'IMPIANTO E SUI PRINCIPALI COMPONENTI

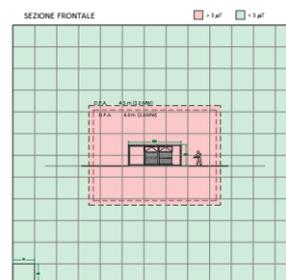
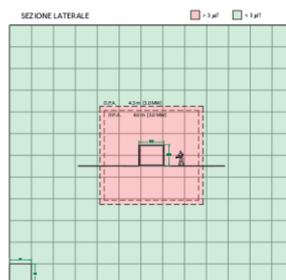
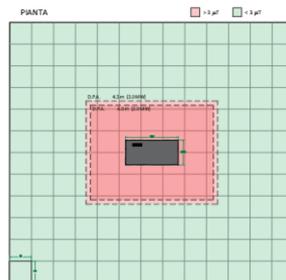
N°	TRATTO DEL PRECORSO		NUMERO DI LINEE			POTENZA		TENSIONE	CORRENTE			IPOTESI CAVO			DPA						
												Tipo	Posa	Somma I	Sez Linea	Sez eq	Diam eq	DPA			
																		Ln/Cab	cavo	Pian / T	[mm]
1	L1-Tr1	C01	PN-1	c	1	1	1.92	1.92	30	38.90	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
2	L1-Tr2	PN-1	PN-2	p	1	1	1.92	1.92	30	38.90	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
3	L1-Tr3	C02	PN-2	c	2	2	1.92	3.84	30	38.90	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
4	L1-Tr4	PN-2	PN-3	p	1	1	3.84	3.84	30	77.79	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
5	L1-Tr5	C04	PN-3	c	2	2	2.88	6.72	30	58.34	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
6	L1-Tr6	PN-3	PN-4	p	1	1	6.72	6.72	30	136.13	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
7	L1-Tr7	C08	PN-4	c	2	2	2.88	9.60	30	58.34	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
8	L1-Tr8	PN-4	PN-5	p	1	1	9.60	9.60	30	194.48	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
9	L1-Tr9	C09	PN-5	c	2	2	2.88	12.48	30	58.34	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	2.00	
10	L1-Tr10	PN-5	PN-6	p	1	1	12.48	12.48	30	252.82	0.95	I	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
11	L1-Tr11	PN-6	PN-6	c	2	1	3	12.48	30	252.82	0.95	I	E	t	252.82	95	95	40.00	0.15	1.76	2.00
12	L1-Tr12	PN-6	C00	p	1	2	3	12.48	30	252.82	0.95	I	E	t	252.82	95	95	40.00	0.15	1.76	2.00
13	L2-Tr1	C03	PN-1	c	1	1	1.92	1.92	30	38.90	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
14	L2-Tr2	PN-1	PN-2	p	1	1	1.92	1.92	30	38.90	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
15	L2-Tr3	C06	PN-2	c	2	2	1.92	3.84	30	38.90	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
16	L2-Tr4	PN-2	PN-3	p	1	1	3.84	3.84	30	77.79	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
17	L2-Tr5	C05	PN-3	c	2	2	2.88	6.72	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
18	L2-Tr6	PN-3	PN-4	p	1	1	6.72	6.72	30	136.13	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
19	L2-Tr7	C10	PN-4	c	2	2	2.88	9.60	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
20	L2-Tr8	PN-4	PN-5	p	1	1	9.60	9.60	30	194.48	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
21	L2-Tr9	C13	PN-5	c	2	2	2.88	12.48	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
22	L2-Tr10	PN-5	PN-6	p	1	1	12.48	12.48	30	252.82	0.95	L	E	P		95	95	40.00	0.15	1.00	1.00
23	L2-Tr11	PN-6	PN-6	c	2	0	2	12.48	30	252.82	0.95	L	E	P	505.64	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00
24	L2-Tr12	PN-6	C00	p	1	1	2	12.48	30	252.82	0.95	L	E	P	505.64	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00
25	L2-Tr1	C07	PN-1	c	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
26	L2-Tr2	PN-1	PN-2	p	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
27	L2-Tr3	C12	PN-2	c	2	2	2.88	5.76	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
28	L2-Tr4	PN-2	PN-3	p	1	1	5.76	5.76	30	116.69	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
29	L2-Tr5	C11	PN-3	c	2	2	2.88	8.64	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
30	L2-Tr6	PN-3	PN-4	p	1	1	8.64	8.64	30	175.03	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
31	L2-Tr7	C14	PN-4	c	2	2	2.88	11.52	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
32	L2-Tr8	PN-4	PN-5	p	1	2	3	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P	739.01	95	95	40.00	0.15	3.58	4.00
33	L2-Tr9	PN-5	PN-5	c	2	2	4	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P	739.01	95	95	40.00	0.15	3.58	4.00
34	L2-Tr10	PN-5	PN-6	p	1	1	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P		95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
35	L2-Tr11	PN-6	PN-6	c	2	2	4	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P	739.01	95	95	40.00	0.15	3.58	4.00
36	L2-Tr12	PN-6	C00	p	1	2	3	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P	739.01	95	95	40.00	0.15	3.58	4.00
37	L2-Tr1	C15	PN-1	c	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
38	L2-Tr2	PN-1	PN-2	p	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
39	L2-Tr3	C18	PN-2	c	2	2	2.88	5.76	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
40	L2-Tr4	PN-2	PN-3	p	1	1	5.76	5.76	30	116.69	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
41	L2-Tr5	C17	PN-3	c	2	2	2.88	8.64	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
42	L2-Tr6	PN-3	PN-4	p	1	3	4	8.64	30	175.03	0.95	L	E	P	178.03	95	95	40.00	0.15	1.76	2.00
43	L2-Tr7	C16	PN-4	c	2	2	2.88	11.52	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
44	L2-Tr8	PN-4	PN-5	p	1	3	4	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P	236.37	95	95	40.00	0.15	2.02	2.00
45	L2-Tr9	C20	PN-5	c	2	2	2.88	14.40	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
46	L2-Tr10	PN-5	PN-6	p	1	3	4	14.40	30	291.71	0.95	L	E	P	294.71	95	95	40.00	0.15	2.26	2.50
47	L2-Tr11	PN-6	PN-6	c	2	3	5	14.40	30	291.71	0.95	L	E	P	294.71	95	95	40.00	0.15	2.26	2.50
48	L2-Tr12	PN-6	C00	p	1	3	4	14.40	30	291.71	0.95	L	E	P	294.71	95	95	40.00	0.15	2.26	2.50
37	L2-Tr1	C15	PN-1	c	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
38	L2-Tr2	PN-1	PN-2	p	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
39	L2-Tr3	C18	PN-2	c	2	2	2.88	5.76	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
40	L2-Tr4	PN-2	PN-3	p	1	1	5.76	5.76	30	116.69	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
41	L2-Tr5	C17	PN-3	c	2	2	2.88	8.64	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
42	L2-Tr6	PN-3	PN-4	p	1	3	4	8.64	30	175.03	0.95	L	E	P	178.03	95	95	40.00	0.15	1.76	2.00
43	L2-Tr7	C16	PN-4	c	2	2	2.88	11.52	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
44	L2-Tr8	PN-4	PN-5	p	1	3	4	11.52	30	233.37	0.95	L	E	P	236.37	95	95	40.00	0.15	2.02	2.00
45	L2-Tr9	C20	PN-5	c	2	2	2.88	14.40	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
46	L2-Tr10	PN-5	PN-6	p	1	3	4	14.40	30	291.71	0.95	L	E	P	294.71	95	95	40.00	0.15	2.26	2.50
47	L2-Tr11	PN-6	PN-6	c	2	3	5	14.40	30	291.71	0.95	L	E	P	294.71	95	95	40.00	0.15	2.26	2.50
48	L2-Tr12	PN-6	C00	p	1	3	4	14.40	30	291.71	0.95	L	E	P	294.71	95	95	40.00	0.15	2.26	2.50
49	L2-Tr1	C19	PN-1	c	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
50	L2-Tr2	PN-1	PN-2	p	1	1	2.88	2.88	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
51	L2-Tr3	C23	PN-2	c	2	2	2.88	5.76	30	58.34	0.95	L	E	t	95	95	40.00	0.15	1.00	1.00	
52	L2-Tr4	PN-2	PN-3	p	1																

CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 30 kV

CABINA BT/MT



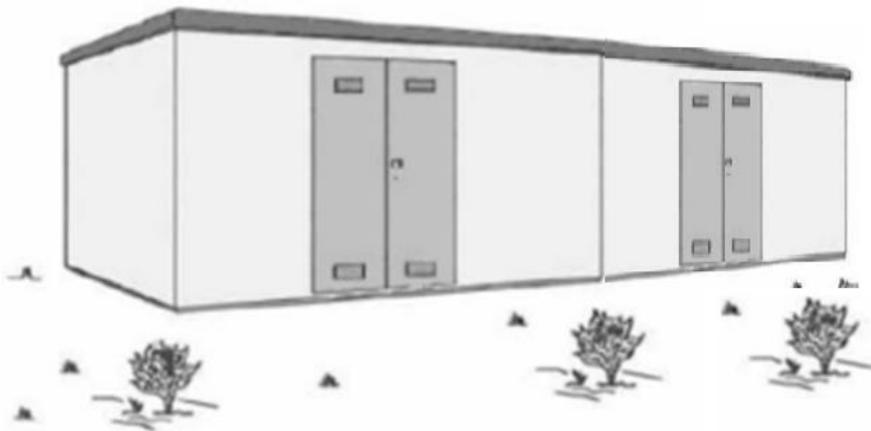
RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLE D.P.A.



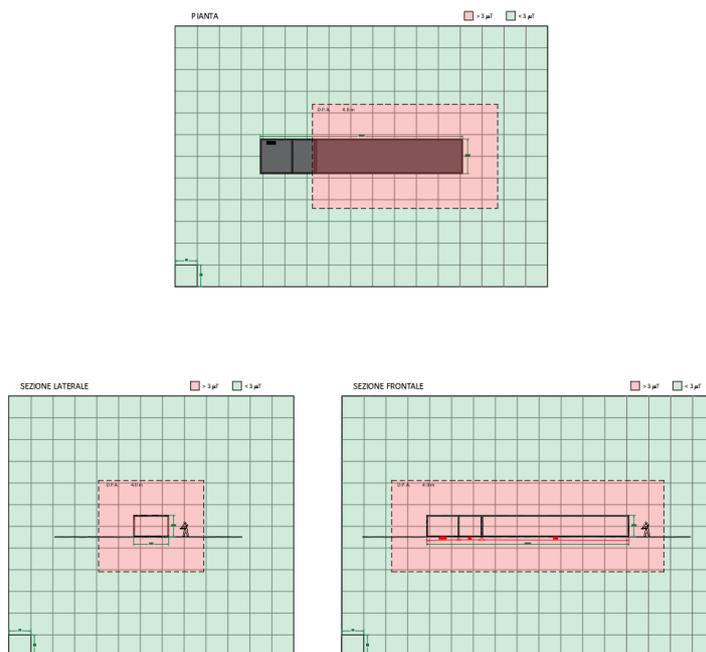
FORMAZIONE CAVI IN BT (800 V)	DIAMETRO DEI CAVI (mm)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (kVA)	CORRENTE (V=800V~) (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
3(4 x 240)	58.76	3.00 (2.88) MW	2'187	4.50	
3(4 x 240)	58.76	3.00	1'458	4.00	

CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 30 kV

CABINA CONSEGNA MT

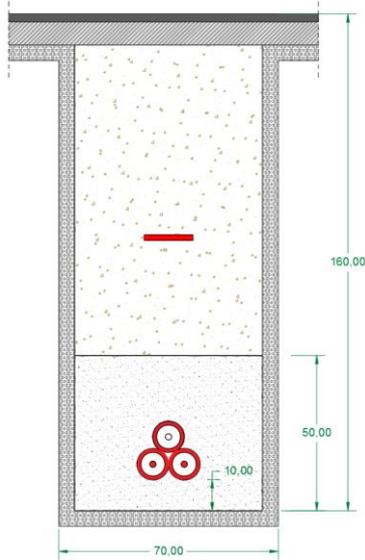


RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLE D.P.A.

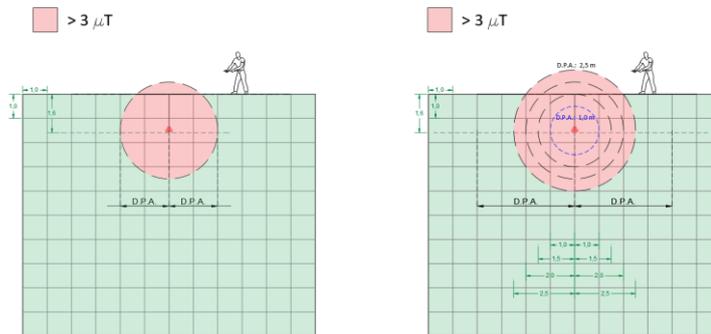


FORMAZIONE CAVI IN AT (30 kV)	DIAMETRO DEI CAVI (mm)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (kVA)	CORRENTE (800 V~) (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
3(3 x 240)	50.73	Nessun trafo	1'264.09	4.00	

CAVI INTERRATI – Semplice Terna cavi disposti a trifoglio – TENSIONE 30 kV



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



		CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
		Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mmq]	CEI- 11-60		
				Corrente (V=30 kV) [A]	D.P.A. [m]	Rif.
	Linea	[MW]				
INTERNE	Linea L1	12.48	26.0	1x95	252.82	1.50
	Linea L2	12.48	26.0	1x95	252.82	1.50
	Linea L3	11.52	26.0	1x95	233.37	1.50
	Linea L4	14.40	26.0	1x95	291.71	1.50
	Linea L5	11.52	26.0	1x95	233.37	1.50
	Linea BESS-1	16.50	51.80	1x400	334.26	2.50
	Linea BESS-2	16.50	51.80	1x400	334.26	2.50

7) CONCLUSIONI

Dai calcoli effettuati si ritiene che non vi siano particolari problematiche relative al rispetto delle fasce di prima approssimazione calcolate in quanto l'intorno della cabina e il percorso dell'elettrodotta sono di per se fasce di rispetto stradali o aree con remota probabilità della presenza di persone per una durata permanente pari o superiore alle 4 ore.

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 μ T, sia in corrispondenza della cabina di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti esterni. D'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette, gran parte delle quali si trovano interamente su percorso stradale e quindi si può certamente escludere la presenza continuativa 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.

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".

Riassumendo, avremo:

▪ Linee MT interrate – singole:	1.00 m
▪ Linee MT interrate – più linee in percorso parallelo:	1.50 ÷ 4.00 m
▪ Cabine di campo Tipo I:	4.50 m
▪ Cabine di campo Tipo II:	4.00 m
▪ Cabina di Raccolta Generale:	4.00 m
▪ Gruppo Inverter/Trafo BT/MT (PCS):	5.00 m
▪ Gruppo Batterie in Container:	3.00 m

Per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di cavidotti 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.

Per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente al cavidotto MT, realizzato mediante l'uso di cavi tripolari elicordati e/o unipolari posati a trifoglio, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto non supererà i **4.0 metri** nella condizione peggiore, a cavallo dell'asse del cavidotto con più linee in parallelo.

Per quanto riguarda il sistema di storage, premesso che lo stesso verrà segregato in una area ad accesso controllato, e che al suo interno non è prevista la presenza di personale se non per le operazioni di manutenzione strettamente necessarie, possiamo dire che i valori stimati andranno poi adeguati in base alla tecnologia realizzativa e agli effettivi dispositivi e schemi di impianto che verranno acquistati.

Inoltre, per tutte quelle aree in cui si riterrà di dover limitare i valori di campo rispetto a quanto emerso dai calcoli, potranno essere realizzate opere di “schermatura” e/o di segregazione ulteriore delle aree al fine di impedire la presenza di persone per più di quattro ore al giorno nelle aree che dovessero risultare avere valori di campo superiori $3\mu\text{T}$ e soddisfare pienamente l’obiettivo di qualità indicato dalle suddette norme escludendo pericoli per la salute umana

Per quanto concerne il cavidotto esterno AT, è stata calcolata un’ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 4.00 m; 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. Si rimanda tuttavia ai relativi elaborati di progetto per ulteriori dettagli tecnici.

Cagliari, 05 ottobre 2023