






Regione Emilia Romagna
Comune di Ferrara

IMPIANTO FOTOVOLTAICO E OPERE CONNESSE

Potenza Impianto 9,573 MWp







PROPONENTE

LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 14 S.R.L.
 VIA G. LEOPARDI, 7 - 20123 MILANO (MI) - P.IVA: 12593780963 – PEC: lightsourcespv_14@legalmail.it


PROGETTAZIONE

Ing. Antonello Ruttilio 
 Via R. Zandonai, 4 – 44124 – FERRARA IT - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it
 Tel.: +39 0532 202613 – email: a.ruttilio@incico.com

COLLABORAZIONI

Ing. Lorenzo Stocchino 
 Via R. Zandonai, 4 – 44124 – FERRARA IT - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it
 Tel.: +39 0532 202613 – email: l.stocchino@incico.com

COORDINAMENTO PROGETTUALE

SOLAR IT S.R.L. 
 VIA I. ALPI 4 – 46100 - MANTOVA IT - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiappec.it
 Tel.: +390425 072 257– email: info@solaritglobal.com

TITOLO ELABORATO			
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA			
LIVELLO DI PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	23-LS15787-IT-CONA-PG-R01	23-LS15787-IT-CONA-PG-R01_1	08/03/2023

REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	08/03/2023	Emesso per filing	MCA	LST	ARU
1	13/05/2023	Integrazione Volontaria	MCA	LST	ARU

RELAZIONE TECNICA

DESCRITTIVA

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3. UBICAZIONE IMPIANTO	4
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO: CARATTERISTICHE SALIENTI.....	5
5. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI.....	8
6. PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO.....	9
MODULI FOTOVOLTAICI.....	9
SOLAR INVERTER	10
STRUTTURE DI FISSAGGIO	11
COMBINER BOX.....	12
STAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CABINA DI INTERFACCIA.....	13
7. IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI	14
IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE	14
IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE	14
IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA	14
METEO STATION	14
SISTEMA DI SUPERVISIONE.....	14
RECINZIONE PERIMETRALE.....	15
8. MODALITA' DI CONNESSIONE ALLA RETE 15KV	17
9. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE.....	17
Aspetti generali.....	17
Nuova Linea MT a 15kV in cavidotto esistente.....	18
10. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE	20
Linee in cavo	20
Cabina di Consegna	21
11. PERCORSO E INTERFERENZE	24
12. LIMITI DI COMPATIBILITÀ ELETTRROMAGNETICA	24
SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF)	26
DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO.....	26
CALCOLO DELLA DPA PER I COMPONENTI IN PROGETTO.....	27
DPA CABINA DI CONSEGNA	27
DPA LINEE DI CONNESSIONE	28
ANALISI COMPLESSIVA SULLA DPA	30

1. INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico associato alla proponente Società LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALIA SPV 14 S.r.l. con sede in Via G. LEOPARDI, 7 - 20123 MILANO (MI). Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Ferrara (FE) con moduli installati su strutture a terra, ovvero su apposite strutture di sostegno (Tracker) direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera. Di seguito si riporta la denominazione e la potenza nominale di picco dell'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione illustrativa:

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Risen Solar	Manufacturer	Sungrow
Model	RSM132-8-700BHDG	Model	SG3400-HV-20
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	700 Wp	Unit Nom. Power	3437 kWac
Number of PV modules	13676 units	Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	9573 kWp	Total power	10311 kWac
Modules	526 Strings x 26 In series	Operating voltage	875-1300 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>25°C)	3593 kWac
Pmpp	8762 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	0.93
U mpp	990 V	Power sharing within this inverter	
I mpp	8851 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	9573 kWp	Total power	10311 kWac
Total	13676 modules	Max. power	10779 kWac
Module area	42482 m²	Number of inverters	3 units
		Pnom ratio	0.93

(*) La potenza immessa sarà limitata ai valori autorizzati dal gestore di rete

L'impianto sarà direttamente collegato alla rete pubblica di distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica in media tensione (grid connected) in modalità di cessione pura, ovvero l'energia prodotta dall'impianto non sarà utilizzata in loco ma totalmente immessa in rete al netto dei consumi per l'alimentazione dei servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento ed esercizio dell'impianto stesso. L'idea alla base del presente sviluppo progettuale è quella di massimizzare la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico in rapporto alla superficie utile di terreno disponibile nel pieno rispetto di tutte le norme tecniche di costruzione e di esercizio vigenti. La scelta dell'architettura di impianto e dei materiali da utilizzare per la costruzione tengono conto da un lato di quanto la moderna tecnologia è in grado di offrire in termini di materiali e dall'altro degli standard costruttivi propri della Società proponente.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Dovranno essere rispettate le prescrizioni imposte dalla D.M. 37-2008: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. Devono essere altresì rispettate le prescrizioni dettate dalle seguenti disposizioni legislative:

- Legge n.186/1968: "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici";
- D.Lgs. n.81 del 9/04/2008: "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";

- Legge 791/77: “attuazione della direttiva europea n.73/23/CEE - Direttiva Bassa Tensione”
- D.Lgs. 14/08/96 n°493: “Segnaletica di sicurezza e/ o salute sul luogo del lavoro”;
- D.Lgs. 12/11/96 n°615: “Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 03/05/1989 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28/04/1992, dalla direttiva 93/68/CEE del Consiglio del 22/07/1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29/10/1993”. D.G.R. 5/1 del 28/01/2016.

In base alla destinazione finale d’uso degli ambienti interessati, dovranno essere rispettate le prescrizioni normative tecniche dettate da:

- CEI 64-8: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in C.A. e a 1500 V in C.C.”;
- CEI 17-13/1: “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per Bassa Tensione. Parte 1: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) ed apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)”;
- CEI 23-51: “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.” Si sottolinea come, in conformità a quanto prescritto dalla Normativa
- CEI 23-51, i quadri di distribuzione con corrente nominale maggiore di 32A (e minore di 125A), sono sottoposti a verifiche analitiche dei limiti di sovratemperatura, secondo le modalità illustrate dalla stessa CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo”;
- CEI 20-22: “Prova dei cavi non propaganti l’incendio”;
- CEI 20-38: “Cavi isolati con gomma non propaganti l’incendio ed a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi”;
- ISO 3684: “Segnali di sicurezza, colori”;
- CEI 81-3: “Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato nei comuni d’Italia, in ordine alfabetico”;
- CEI 81-10/1: “Protezione contro i fulmini” Principi generali CEI 81-10/2: “Protezione contro i fulmini” Valutazione del rischio CEI 81-10/3: “Protezione contro i fulmini” Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone CEI 81-10/4: “Protezione contro i fulmini” Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture;
- Sono inoltre considerate le raccomandazioni contenute all’interno delle seguenti Guide:
- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 11-35: Guida per l’esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale;
- CEI 11-25 “Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0. Calcolo delle correnti”;
- CEI 11-28 “Guida d’applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione”;
- CEI 64-50 “Guida per l’integrazione nell’edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri generali”;
- CEI 64-53: “Guida per l’integrazione nell’edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione

per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale;

- CEI 0-16; V2: "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- Codice di rete Terna.

3. UBICAZIONE IMPIANTO

Come anticipato, l'impianto fotovoltaico in progetto, sarà realizzato interamente nel territorio del comune di Ferrara (FE) in località Cona Via Vallazza, su terreni regolarmente censiti al catasto terreni come da piano particellare riportato nel documento relativo (si veda l'elenco documenti di progetto).

Il design di impianto ha tenuto conto delle due superfici di terreno disponibile all'installazione del generatore fotovoltaico. Rispetto all'agglomerato urbano della città di Ferrara l'area di impianto è ubicata a Ovest dell'abitato della città di Ferrara ad una distanza media di circa 5 km in linea d'aria dalla periferia più estrema ed 8,5 km dal centro cittadino. Il sito inoltre è posizionato nei pressi (circa 1 Km) del polo Ospedaliero di Ferrara (Arcispedale S'Anna).



Nell'immagine satellitare seguente è evidenziata l'area occupata dall'impianto fotovoltaico con indicato con una linea rossa tratteggiata l'elettrodotto collegato in antenna a 15 kV cabina elettrica esistente denominata 238181 "Polo ospeda" e da qui collegata in antenna 15 Kv alla cabina di recapito (POD) 58721 "Palmiran". Quest'ultimo tratto di circa 5500 metri utilizzerà un cavidotto esistente.

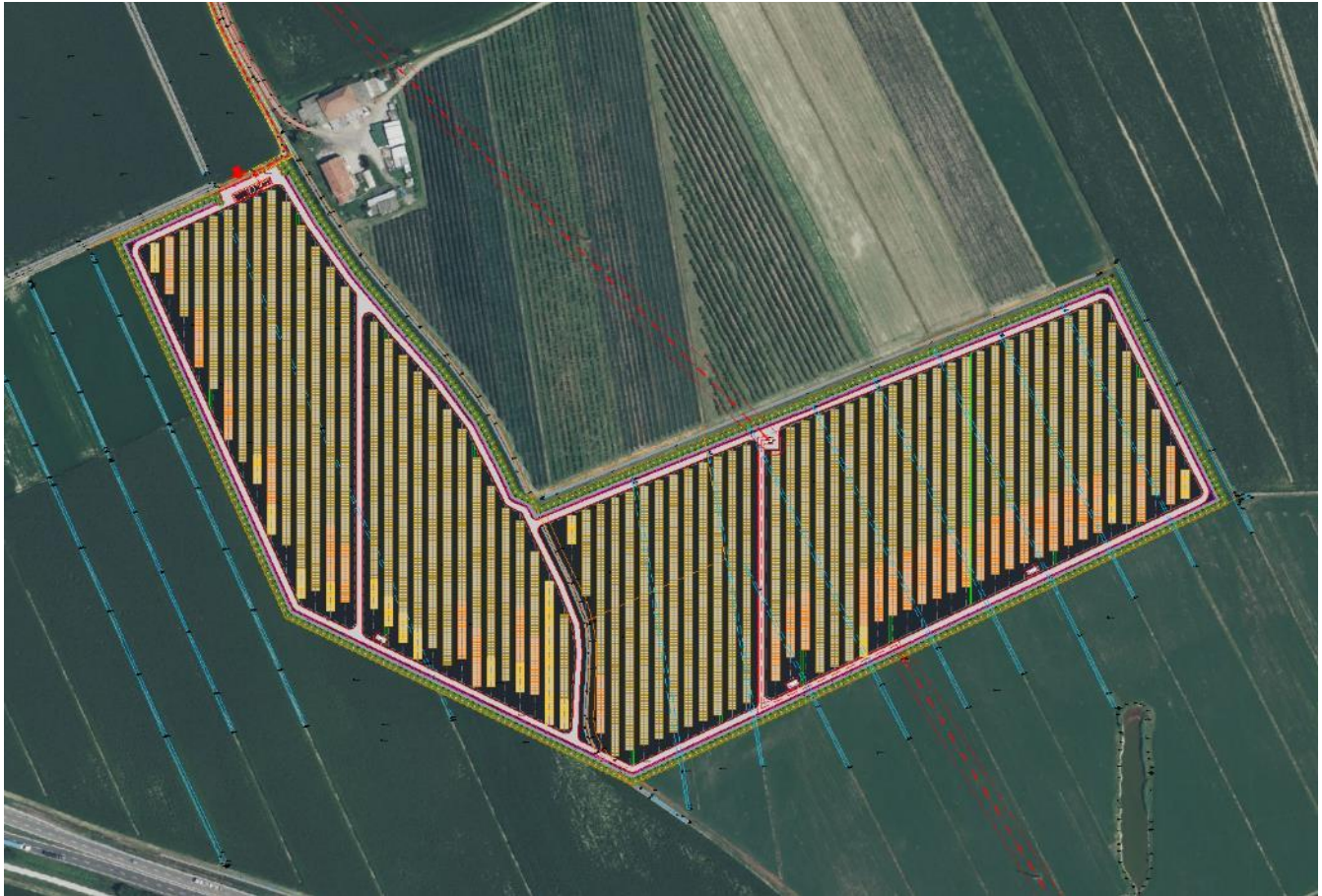


4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO: CARATTERISTICHE SALIENTI

Il generatore fotovoltaico sarà configurato come FOTOVOLTAICO TRADIZIONALE e si estenderà su una superficie di terreno a destinazione agricola insistente nel territorio del comune di Ferrara (FE). Di seguito si riportano le caratteristiche principali dell'impianto:

SUPERFICIE RECINTATA COMPLESSIVA (Ha)	10,105
POTENZA NOMINALE DC COMPLESSIVA (KWp)	9,573
MODULI INSTALLATI	13.676
TOTALE STRINGHE INSTALLATE	526 x 26

I moduli fotovoltaici installati avranno potenza nominale (@STC) pari a 700 W, saranno del tipo bifacciali e installati “a terra” su strutture la cui inclinazione sarà regolata sull’asse EST-OVEST +/- 60° (Tracker) con inclinazione NORD/SUD di 0° (in piano).



I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell’impianto oggetto della presente relazione sono di tipo bifacciale in grado cioè di captare la radiazione luminosa sia sul fronte che sul retro del modulo, avranno dimensioni pari a (2384 H x 1303 L x 33 P) mm e sono composti da 132 celle per faccia (22x6) in silicio monocristallino tipo P. Essi saranno fissati su ciascuna struttura in modalità Landscape 2xN, ovvero in file composte da due moduli con lato corto parallelo al terreno, le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di tre tipi individuate in funzione della loro lunghezza, 2x13 moduli, 2x26 moduli e 2x39 moduli. La struttura sarà collegata a pali di sostegno verticali infissi nel terreno senza l’ausilio di opere in calcestruzzo. I moduli saranno collegati tra di loro in serie a formare stringhe ciascuna delle quali composta da 28 moduli, la lunghezza di stringa è stabilita in funzione delle caratteristiche del sistema fotovoltaico in termini di tensione massima ammissibile e della potenza complessiva. Preventivamente al collegamento sul convertitore statico le stringhe saranno opportunamente collegate in parallelo tra di loro in corrispondenza dei quadri di campo (combiner box), ogni parallelo costituirà un blocco operativo e il numero di stringhe ad esso collegato è stato valutato in funzione delle correnti in gioco.

Per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, saranno utilizzate delle stazioni di trasformazione composte dalla combinazione di inverter, trasformatore MT/BT 0,6/15kV, quadri elettrici oltre agli apparati di gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati. Ciascuna stazione di trasformazione sarà composta da un box tipo container di dimensioni pari a 6,00x2,9x2,50 m e un box tipo container di dimensioni 3,00x2,9x2,50 m al servizio dell’inverter centralizzato. Il design di impianto in questo caso

prevede l'utilizzo di inverter centralizzati, ovvero unità statiche di conversione della corrente DC/AC caratterizzate da potenze nominali molto elevate e dotate di ingressi MPPT, nello specifico caso in esame gli MPPT per ciascuna unità inverter saranno quattro visto che ogni singola macchina dovrà gestire tra il 10-20% della potenza nominale totale (vedere paragrafo inverter).

Come evidenziato, ogni inverter è collocato in campo all'interno di box container insieme agli altri apparati necessari per l'elevazione della tensione di esercizio fino a 15kV. Pertanto, ciascun inverter è poi collegato, all'interno dell'alloggiamento di ciascuna stazione di trasformazione al trasformatore MT/BT, al quadro di media tensione e a tutti gli apparati dedicati alla gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati.

Entrambi le aree fotovoltaiche saranno completate dall'installazione di una cabina di interfaccia con control room, ubicata quanto più possibile in corrispondenza del punto di accesso al campo o in zona facilmente accessibile sia per motivi funzionali che di sicurezza. La cabina di interfaccia sarà realizzata con un manufatto in cemento armato vibrato (c.a.v.) di dimensioni 16,45x3,10x4,00 m.

Lo spazio all'interno del manufatto sarà organizzato in modo tale da avere un locale per il sezionamento e protezione dei circuiti di media tensione (collocamento del quadro generale di media tensione), un locale dedicato all'installazione del trasformatore di spillamento MT/BT dedicato all'alimentazione di tutti i servizi a corredo dell'impianto fotovoltaico e necessari alla gestione del sistema, una control room dove tra l'altro saranno posizionati i quadri generale di bassa tensione e l'armadio rack e, infine, un locale ufficio. Il quadro di media tensione collocato all'interno della cabina di interfaccia è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee MT provenienti dalle stazioni di trasformazione in campo e rappresenta il punto di interfaccia dell'impianto con la RETE DI DISTRIBUZIONE, su di esso sarà infatti attestata anche la linea di collegamento in uscita dal campo verso la stazione elettrica e saranno collocate tutte le protezioni indicate dalle vigenti normative tecniche per la connessione come il Sistema di Protezione Generale (SPG) e il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI). La control room, invece, è il locale all'interno del quale saranno collocati i principali apparati ausiliari che consentono la corretta gestione ed esercizio dell'impianto come quelli per la trasmissione dati, per il sistema antintrusione e la videosorveglianza.

L'impianto sarà altresì dotato di un sistema di telecontrollo (SCADA) attraverso il quale sarà possibile monitorare in tempo reale i principali parametri elettrici sia lato impianto che lato rete ed acquisire i dati di misurazione meteorologici eseguiti dalla meteo station in campo (piranometri, anemometri, etc.). Tutti i dati acquisiti renderanno possibile la valutazione e il controllo delle prestazioni dell'intero sistema. L'impianto di supervisione consentirà anche di eseguire da remoto la modifica del set point di lavoro dei parametri elettrici in rispetto delle richieste del distributore di rete Terna.

Ogni campo fotovoltaico prevede la realizzazione di un sistema di viabilità interna e/o perimetrale che possa consentire in modo agevole il raggiungimento di tutti i componenti in campo, sia per garantire la sicurezza dell'opera, che per la corretta gestione nelle operazioni di manutenzione. L'impianto sarà protetto contro gli accessi indesiderati mediante l'installazione di una recinzione perimetrale e dal sistema di illuminazione e videosorveglianza. L'accesso carrabile sarà costituito da un cancello a due ante in pannellature metalliche di larghezza 4 metri e montato su pali in castagno infissi al suolo. La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete metallica rombata a maglia larga alta 2 metri e sormontata da filo spinato, collegata a pali di castagno alti 3 metri infissi direttamente nel suolo per una profondità di 100 cm. La rete metallica non sarà realizzata a totale chiusura del perimetro, rispetto al piano campagna, infatti, sarà lasciato un passaggio di altezza 20 cm che consenta il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia. Sia la viabilità perimetrale che quella interna avranno larghezza di 5 m; entrambe i tipi di viabilità saranno realizzate in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria). Il sistema di illuminazione e videosorveglianza prevede l'installazione dei componenti in campo su pali in acciaio zincato fissati al suolo con pozzetto di fondazione in calcestruzzo dedicato. I pali avranno una altezza di circa 3 m, saranno dislocati ogni 50 metri lungo la recinzione perimetrale e su di essi saranno montati corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza.

I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale eventualmente sfruttando quello già previsto per il passaggio dei cavidotti di ciascun impianto fotovoltaico. Nell'esercizio ordinario degli impianti non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale; è prevista l'installazione di un trasformatore di spillamento di 100 kVA per il funzionamento di tutti i sistemi ausiliari. L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico sarà disponibile al confine fisico dell'impianto (in corrispondenza della cabina di interfaccia) ad una tensione nominale di 15 kV secondo le modalità indicate nella Soluzione Tecnica Minima Generale messa a disposizione dal distributore di rete E-Distribuzione.

Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa (collegamento moduli inverter), saranno posati in trincea ovvero direttamente interrati senza l'ausilio di cavidotti o protezioni meccaniche. In tal caso la profondità di posa dei cavi sarà di 50 cm per illuminazione perimetrale, di 80 cm per i cavi di bassa tensione e 120 cm per quelli di media tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano campagna.

Come accennato, fanno eccezione alla posa direttamente interrata in trincea i soli cavi stringa che collegano ciascuna stringa all'inverter di riferimento. Questi collegamenti, esterni all'area di impianto, saranno realizzati per quanto possibile a lato della viabilità comunale, provinciale e rurale esistente; i cavi saranno direttamente interrati in trincea ad una profondità di posa minima di 120 cm. Anche in questo caso la segnalazione della presenza dell'elettrodotto interrato sarà resa obbligatoria. L'esercizio ordinario dell'impianto fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione in caso di guasto o per le operazioni di manutenzione ordinarie e straordinarie. Con cadenza saltuaria sarà necessario provvedere alla pulizia dell'impianto, che si divide in due operazioni: lavaggio dei pannelli fotovoltaici per rimuovere lo sporco naturalmente accumulatosi sulle superfici captanti (trasporto eolico e meteorico) e taglio dell'erba sottostante i pannelli. La frequenza delle suddette operazioni avrà indicativamente carattere stagionale, salvo casi particolari individuati durante la gestione dell'impianto. Le operazioni di taglio dell'erba saranno effettuate, secondo una tecnica già consolidata e comprovata in quasi dieci anni di esercizio di impianti fotovoltaici, che prevede l'accordo con i pastori locali per far pascolare nell'area di impianto greggi di pecore. Tale procedura, del tutto naturale, assicura ottimi risultati ed evita il ricorso a macchine di taglio o a diserbanti chimici. Le operazioni di lavaggio dei pannelli saranno invece effettuate con un trattore di piccole dimensioni equipaggiato con una lancia in pressione e una cisterna di acqua demineralizzata. Il trattore passerà sulla viabilità di impianto e laverà i pannelli alla bisogna. L'azione combinata di acqua demineralizzata e pressione assicura una pulizia ottimale delle superfici captanti evitando sprechi di acqua potabile e il ricorso a detersivi e sgrassanti. Tutte le operazioni di manutenzione e riparazione di natura elettrica saranno effettuate da ditte specializzate, con proprio personale e mezzi, con cadenze programmate o su chiamata del gestore dell'impianto.

5. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

In riferimento alla tecnologia fotovoltaica attualmente disponibile sul mercato per impianti utility scale, per il presente progetto sono state implementate le migliori soluzioni di sistema che consentono al contempo di massimizzare la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e minimizzare l'occupazione di suolo e l'utilizzo di risorse naturali. L'evoluzione tecnologica consente di raggiungere, mediante l'installazione di un numero di moduli relativamente ridotto, potenze di picco molto rilevanti. La soluzione progettuale di impianto prevede la conversione della corrente prodotta dal generatore fotovoltaico in alternata viene realizzata mediante inverter centralizzati. Le stringhe fotovoltaiche saranno "parallelate" tra loro sui quadri di campo e il parallelo collegato direttamente ad uno degli ingressi dell'inverter centralizzato. Ciascun quadro di campo (combiner box) sarà collocato in campo esattamente tra due strutture e fissato ad un sostegno metallico appositamente realizzato e infisso nel terreno. Come anticipato, l'uscita di ciascun quadro di campo sarà collegata all'inverter posto all'interno del campo fotovoltaico, dove si provvederà alla trasformazione della tensione di esercizio da bassa tensione 600V (quella prodotta dall'inverter) a media 15kV. La stazione di trasformazione sarà pertanto composta da un inverter, un trasformatore BT/MT, un quadro MT e dagli apparati ausiliari necessari al

funzionamento ordinario dell'intero sistema.

Ogni stazione di trasformazione gestirà un sottocampo, in totale sono previsti 3 sottocampi

STAZIONI DI TRASFORMAZIONE	3
NUMERO TOTALE INVERTER	3
POTENZA NOMINALE INVERTER (kVA)	3437

6. PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO

Gli impianti fotovoltaici sono sistemi in grado di captare e trasformare l'energia solare in energia elettrica, connessi alla rete elettrica di distribuzione (grid-connected): l'energia viene convertita in corrente elettrica alternata per alimentare il carico-utente e/o immessa in rete, con la quale lavora in regime di interscambio. Un impianto fotovoltaico è costituito da un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che captano l'energia solare, la trasformano in energia elettrica, sino a renderla disponibile all'utilizzatore. Esso sarà quindi costituito dal generatore fotovoltaico e da un sistema di controllo e condizionamento della potenza. Il rendimento di conversione complessivo di un impianto è il risultato di una serie di rendimenti, che a partire da quello della cella, passando per quello del modulo, del sistema di controllo della potenza e di quello di conversione, ed eventualmente di quello di accumulo (non presente in questo progetto), permette di ricavare la percentuale di energia incidente che è possibile trovare all'uscita dell'impianto, sotto forma di energia elettrica, resa al carico utilizzatore. Nel seguito del paragrafo si descriveranno le tecniche e le tecnologie scelte con indicazioni delle prestazioni relative, nonché sulle soluzioni progettuali e operative adottate per minimizzare le emissioni e il consumo di risorse naturali.

MODULI FOTOVOLTAICI

Lo stato dell'arte sulle tecnologie disponibili per il settore fotovoltaico prevede l'utilizzo, per i grandi impianti utility scale, di moduli fotovoltaici le cui celle sono realizzate prettamente in silicio cristallino sia nella versione monocristallino che policristallino. Tutte le altre tecnologie si sono dimostrate o troppo costose o poco efficienti. Le prestazioni raggiunte dai moduli fotovoltaici in silicio cristallino attualmente disponibili sul mercato, in termini di efficienza e di comportamento in funzione della temperatura, sono notevolmente migliori rispetto a quelle disponibili anche solo un paio di anni fa. Attualmente il grado di efficienza di conversione si attesta attorno al 18% per i moduli in silicio policristallino e ben oltre il 20% per quelli in silicio monocristallino sia tradizionali che con tecnologia PERC (Passivated Emitter and Rear Cell). Questo risultato tecnologico ha consentito ai moduli fotovoltaici di raggiungere potenze nominali maggiori a parità di superficie del modulo. Per il presente progetto la scelta dei moduli è ricaduta sulla tecnologia in silicio monocristallino del tipo bifacciale con moduli di potenza pari a 665W e dimensioni 2384x1303x33 mm, il modulo individuato è quello indicato nel data-sheet seguente.

I moduli fotovoltaici bifacciali permettono di catturare la luce solare da entrambi i lati, garantendo così maggiori performance del modulo e, di conseguenza, una produzione nettamente più elevata dell'intero impianto fotovoltaico. Il termine che indica la capacità della cella fotovoltaica di sfruttare la luce sia frontalmente che posteriormente viene definito, appunto, "bifaccialità": un fenomeno reso possibile, in fisica, dal cosiddetto Fattore di Albedo della superficie su cui i moduli vengono installati, noto anche come "coefficiente di Albedo", si tratta dell'unità di misura che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie. Solitamente viene espressa con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

- Neve e ghiaccio hanno un alto potere riflettente, quindi un Fattore di Albedo pari a 0,75;
- Superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare) possono raggiungere anche lo 0,6;

- Superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure) vedono un dato più ridotto (attorno allo 0,27).

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere: di conseguenza, anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali sarà più o meno elevata.

Il valore aggiunto dei moduli fotovoltaici bifacciali riguarda, innanzitutto, le migliori performance lungo l'intera vita utile del sistema, dovute a una maggior produzione e resistenza del pannello. Inoltre, grazie all'elevata efficienza di conversione, il modulo bifacciale è in grado di diminuire i costi BOS (Balance of System), che rappresentano una quota sempre maggiore di quelli totali del sistema (data l'incidenza in costante calo dei costi legati a inverter e moduli). Riassumendo, i 3 principali vantaggi sono:

1. Prestazioni migliori. Poiché anche il lato posteriore del modulo è in grado di catturare la luce solare, è possibile ottenere un notevole incremento nella produzione di energia lungo tutta la vita del sistema. Ricerche e test sul campo dimostrano che un impianto realizzato con moduli bifacciali può arrivare a produrre fino al 30% in più in condizioni ideali. In realtà, misurazioni in campo su impianti già realizzati con questa tecnologia attestano l'incremento della produzione attorno al 10/15%.
2. Maggior durabilità. Spesso il lato posteriore di un modulo bifacciale è dotato di uno strato di vetro aggiuntivo (modulo vetro-vetro), per consentire alla luce di essere raccolta anche dal retro della cella fotovoltaica. Questo conferisce al modulo caratteristiche di maggior rigidità, fattore che riduce al minimo lo stress meccanico a carico delle celle, dovuto al trasporto e all'installazione o a fattori ambientali esterni (come il carico neve o vento).
3. Riduzione dei costi BOS. La "bifaccialità", incrementando notevolmente l'efficienza del modulo e facendo quindi aumentare la densità di potenza dell'impianto, rende possibile la riduzione dell'area di installazione dell'impianto stesso e, quindi, anche i costi relativi al montaggio e cablaggio del sistema (strutture, cavi, manodopera, etc.).

Di seguito si riportano le principali proprietà valutate dal costruttore in condizioni standard di misura (Standard Test Condition).

L'efficienza di un modulo fotovoltaico, e più in generale le sue prestazioni complessive, subiscono un degrado costante e lineare nel tempo a causa di fenomeni di degradazione sia meccanica che elettrica, su scala sia macroscopica che microscopica (degradazione delle giunzioni, deriva elettronica, degradazione della struttura cristallina del silicio, etc.). Di fatto, la vita utile di un modulo fotovoltaico si attesta tra i 25 e i 30 anni, oltre i quali si impone una sostituzione del modulo per via della bassa efficienza raggiunta, dopodiché sarà necessaria una sostituzione dell'intero generatore per ripristinarne le prestazioni.

SOLAR INVERTER

L'inverter (convertitore statico) rappresenta il cuore di un sistema fotovoltaico ed è l'apparato al quale è demandata la funzione di conversione della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico in corrente alternata, l'unica in grado di poter essere sfruttata da un eventuale utilizzatore finale oppure essere immessa in rete. Nel presente progetto si considerano inverter centralizzati. L'inverter è installato all'interno di cabinati dislocati all'interno del campo fotovoltaico. Le unità previste sono tutte uguali ed hanno una potenza nominale alle condizioni di test standard di 3437 kVA ($\cos \phi = 1$) e con 2 MPPT per ciascuna unità. Di seguito si riporta una tabella con evidenziato il numero e la taglia degli inverter utilizzati per ciascun impianto e i relativi valori di rapporto DC/AC (potenza ingresso/uscita).

Gli inverter centrali sono posizionati in container prefabbricato e dotato di ventilazione forzata in modo da mantenere la temperatura interna nel range che evita un derating della potenza della macchina ed un veloce invecchiamento dei componenti elettronici.

Gli inverter (o meglio l'intera stazione di trasformazione) previste sono in grado di supportare gli impianti di nuova generazione operanti a tensioni limiti in corrente continua pari a 1.500 V, di seguito se ne riportano le principali caratteristiche tecniche

NUMERO INVERTER PREVISTI	3
DC/AC medio %	>1

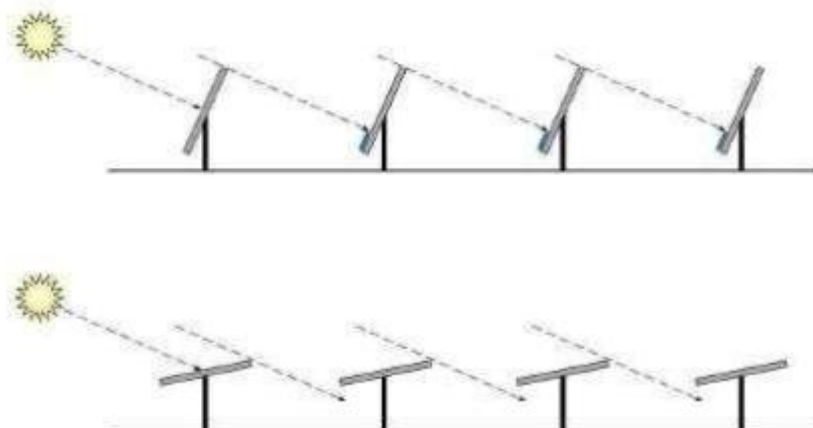
STRUTTURE DI FISSAGGIO

Come anticipato, per lo sviluppo dell'impianto si farà ricorso a strutture costituite da inseguitori solari (tracker) di tipo monoassiale avente orientamento Nord - Sud e angolo di tilt pari a 0°. In pratica l'asse di rotazione delle strutture sarà parallelo al terreno e i moduli saranno liberi di ruotare attorno ad esso fino ad un'angolazione massima di $\pm 60^\circ$ in direzione Est-Ovest. I moduli fotovoltaici saranno installati in fila doppia, configurazione 2xN, e si prevede di sfruttare una doppia modularità composta da strutture a doppia stringa (2x26 moduli) e a tripla stringa (2x39 moduli).

I tracker a doppia stringa saranno realizzati in configurazione 2x13, 2x26 e 2x39, con due file di moduli ciascuno con lato corto parallelo all'asse di rotazione.

Le strutture per impianti fotovoltaici per l'inseguimento solare est-ovest hanno l'obiettivo di massimizzare l'energia ed efficienza in termini di costi di un impianto fotovoltaico a terra che impiega pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. Questo obiettivo è stato realizzato oltre dieci anni fa, ottenendo un unico prodotto che garantisce i vantaggi di un solare soluzione di tracciamento con installazione e manutenzione semplici come quella degli array fissi a palo guidato. L'inseguitore monoasse orizzontale, tramite dispositivi elettromeccanici, segue il sole tutto il giorno, da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord - Sud (inclinazione 0°). I layout di campo con tracker orizzontali ad asse singolo sono molto flessibili. La semplice geometria significa che mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro è necessario per posizionare adeguatamente i tracker. Il sistema di backtracking controlla e garantisce che una serie di pannelli non ombreggi altri pannelli

adiacenti. Quando l'angolo di elevazione del sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, auto-ombreggiatura tra i tracker potrebbero potenzialmente ridurre l'output del sistema.



Il backtracking ruota l'apertura della matrice allontanandola dal Sole, eliminando gli effetti deleteri dell'auto-

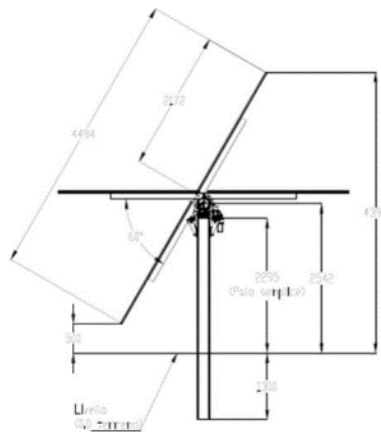
ombreggiatura e massimizzando il rapporto di copertura del suolo. Grazie a questa caratteristica l'interesse tra le stringhe può essere ridotto. Pertanto, l'intero impianto fotovoltaico occupa meno terreno rispetto a quelli che utilizzano soluzioni di tracciamento simili. L'assenza del cambiamento stagionale dell'inclinazione, (cioè il monitoraggio "stagionale") ha scarso effetto sulla produzione di energia e consente di avere una struttura meccanica molto più semplice che rende il sistema intrinsecamente affidabile. Questo design semplificato si traduce in maggiore cattura di energia a un costo simile a quello di una struttura fissa. Con il potenziale miglioramento energetico la produzione aumenta dal 15% al 30%, l'introduzione di una tecnologia di tracciamento economica ha facilitato lo sviluppo di sistemi fotovoltaici su scala industriale.

Come anticipato, per l'impianto oggetto di richiesta autorizzativa unica, si è optato per un sistema di strutture dotate di inseguitore solare (tracker), i moduli saranno fissati in doppie file su strutture collegate ad un asse di rotazione centrale che ne consentirà una rotazione est-ovest di $\pm 60^\circ$ rispetto al piano orizzontale. L'asse di rotazione dei moduli, ovvero il tubolare centrale in acciaio, sarà installato ad una quota di circa 2,41 metri sul piano campagna in tal modo l'altezza massima dei moduli, corrispondente ad una inclinazione di 60° , sarà di circa 4,54 metri. Il pitch, ovvero l'interdistanza tra i tracker, sarà di 8,70 metri (Fotovoltaico tradizionale)

La struttura di sostegno e fissaggio moduli fotovoltaici prevede la posa di montanti HEA in acciaio zincato infissi nel terreno, che andranno a sostenere la trave di rotazione, anch'essa in acciaio zincato, senza la necessità di alcuna fondazione in calcestruzzo, compatibilmente alle caratteristiche geologiche del terreno e alle prove che dovranno essere eseguite per la fase di costruzione dell'impianto (penetrazione e pull out test).

Inoltre, le strutture dovranno essere in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve e altri carichi accidentali.

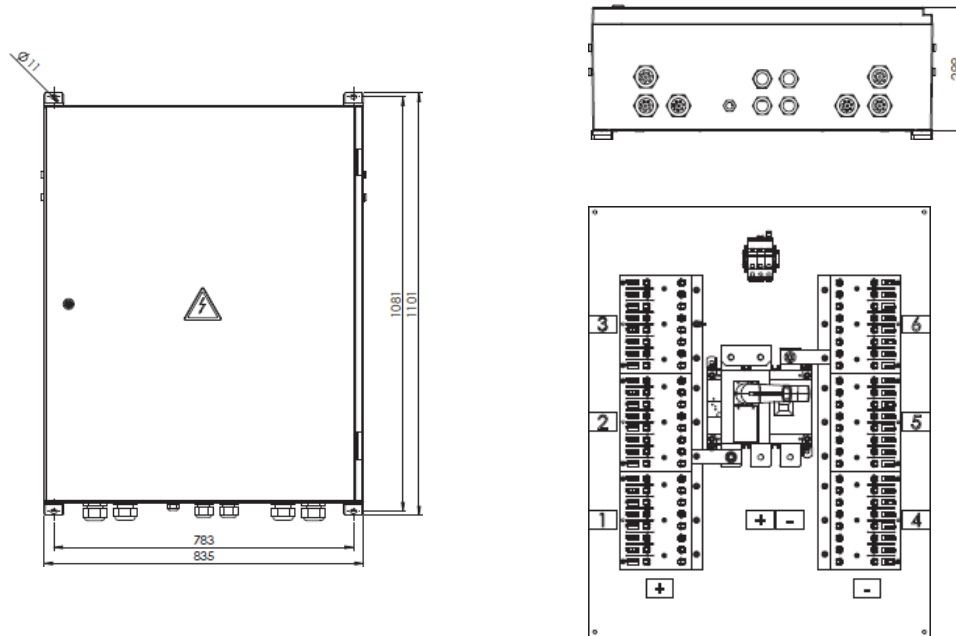
Di seguito si riportano degli stralci grafici di progetto in cui sono evidenziate le caratteristiche salienti del sistema di fissaggio dei moduli. Tutte le misure riportate nel presente paragrafo in riferimento agli aspetti strutturali come la larghezza e lo spessore dei pali e delle travi, l'interdistanza dei pali in direzione longitudinale, etc. sono puramente indicative, per il valore corretto si rimanda ai relativi calcoli strutturali e alle prove strumentali sul campo.



COMBINER BOX

Il Combiner Box (o String Combiner) rappresenta un apparato passivo collocato direttamente in campo che riceve in ingresso più stringhe, ne fa il parallelo e l'uscita è direttamente collegata all'inverter. Il box è composto da un involucro in poliestere rinforzato con fibra di vetro delle dimensioni di 1035 x 835 x 300 mm (H x L x P), grado di protezione IP65 e classe di protezione II. Ogni box è in grado di ricevere in ingresso 16/20 stringhe al massimo, ogni ingresso stringa è protetto contro le correnti inverse mediante fusibile su entrambi i poli (possibilità del solo polo positivo qualora l'inverter sia dotato di sistema di messa a terra del negativo) di taglia pari a 20 A, tutti gli

ingressi sono poi parallelati su un sezionatore la cui uscita è direttamente collegata all'inverter. Come anticipato i box saranno collocati direttamente in campo e fissati sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici. Il numero complessivo di combiner Box per ciascun campo è funzione del numero di stringhe presenti nell'impianto.



STAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CABINA DI INTERFACCIA

Come anticipato, all'interno del campo fotovoltaico saranno installate delle stazioni di trasformazione composte da un box container di dimensioni complessive di 12,00x2,90x2,50 m, ospitanti tutti gli apparati di gestione dell'energia proveniente dal generatore fotovoltaico. In totale sono previste 9 stazioni di trasformazione e ciascuna di esse va a definire un sottocampo. Di seguito si riportano i principali componenti del box container stazione di trasformazione:

1. Inverter per la conversione della corrente continua prodotta dall'impianto fotovoltaico in corrente alternata alla tensione nominale di 600V, tutte le unità avranno una potenza nominale alle condizioni di test standard pari a 3437kVA;
2. Trasformatore BT/MT per l'elevazione della tensione nominale da 690V, valore disponibile all'uscita degli inverter, a 15.000V, valore al quale verrà evacuata l'energia dal campo fotovoltaico verso la nuova stazione satellite.
3. Quadro di media tensione, che prevede la presenza della protezione e dei servizi ausiliari di media tensione in particolare delle linee provenienti dal sottocampo di riferimento e dalle altre stazioni di trasformazione a formare la rete MT del campo.

Oltre alle suddette stazioni di trasformazione dislocate in campo, si evidenzia la presenza di un manufatto adibito a control room e cabina di interfaccia dove sarà alloggiato il quadro MT che rappresenta il punto di ingresso fisico dell'impianto fotovoltaico. Si prevede che il quadro MT della cabina di interfaccia sarà composto di scomparti e in esso saranno allocati i dispositivi di protezione MT e fotovoltaica come l'SPG e l'SPI con i relativi dispositivi meccanici di apertura e sezionamento.

Solitamente, la cabina di interfaccia sarà posizionata in prossimità del cancello di ingresso del campo o in un punto facilmente identificabile e accessibile, le dimensioni indicative del manufatto sono 16,45x3,10x4, 00.

7. IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI

L'impianto fotovoltaico in progetto si completa con alcune opere "accessorie" ma fondamentali per il corretto esercizio e manutenzione dello stesso.

IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE

Si provvederà alla posa diretta interrata di una corda di rame nudo della sezione minima pari a 25 mmq che andrà a collegare tutte le masse e masse estranee presenti in campo e tutti i componenti dell'impianto che necessitano di questo collegamento, inoltre, vista la vastità del campo, si provvederà altresì a realizzare tramite il medesimo collegamento un sistema equipotenziale in grado di evitare l'introduzione nel sistema di potenziali pericolosi sia per gli apparati che per il personale. Al sistema di messa a terra saranno anche collegati tutti gli apparati esistenti come quelli del sistema di supervisione (SCADA), dell'illuminazione perimetrale, video-sorveglianza etc., mentre non saranno ad esso collegati i componenti di classe II e le masse estranee aventi valori di resistenza verso terra maggiori dei limiti imposti da normativa tecnica. Le corde nude di rame saranno riportate all'interno delle stazioni di trasformazione dove è presente un collettore di terra al quale sarà attestato anche il dispersore lato MT, collegato ad anello, anch'esso realizzato tramite corda di rame nudo di sezione minima pari a 35 mmq.

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PERIMETRALE

L'impianto fotovoltaico sarà corredato di un sistema di illuminazione perimetrale realizzato con corpi illuminanti a led installati su pali di altezza fuori terra pari a 3 metri. L'accensione sarà comandata, tramite contattore, dal sistema antintrusione, in particolare la centrale invierà un segnale attraverso il quale si accenderanno le luci perimetrali. L'accensione sarà inibita durante il giorno mediante l'installazione di un dispositivo crepuscolare, inoltre, l'accensione potrebbe essere anche settorializzata in funzione della tipologia di allarme registrato dalla centrale antintrusione. I pali di illuminazione saranno installati ad una distanza tale da garantire un adeguato livello di illuminamento del campo, indicativamente la distanza tra un palo e l'altro può essere stimata in circa 40 metri, non è richiesta particolare uniformità nell'illuminazione delle zone di interesse. Su ciascun palo di illuminazione si provvederà all'installazione di un corpo illuminante a LED di potenza 50W che sviluppa un flusso luminoso pari a 5500 lm con grado di protezione adeguato alla posa all'aperto.

IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

Il sistema di sicurezza sarà realizzato perimetralmente al campo dove saranno posizionate in modo strategico le telecamere al fine di garantire una corretta copertura di tutto il perimetro. Gli apparati di registrazione e gestione come NVR e switch saranno collocati all'interno della Control Room e tutti gli elementi in campo saranno collegati mediante fibra ottica multimodale. Oltre al perimetro si prevede di installare anche telecamere tipo dome in corrispondenza delle stazioni di trasformazioni e dell'accesso al campo. Tutte le telecamere saranno dotate di sensore di movimento in modo che si eviti un elevato flusso di segnale da gestire dalla centrale.

METEO STATION

La meteo station è un sistema in grado di misurare i parametri ambientali ed inviare informazioni al sistema di supervisione per esseri trattati. Essa è costituita da un anemometro, termometro e piranometro, pertanto, sarà in grado di fornire informazioni in merito a velocità del vento, temperatura ambiente e dei moduli, irraggiamento. Per avere parametri attendibili si potrà provvedere all'installazione di più meteo station in campo.

SISTEMA DI SUPERVISIONE

La realizzazione degli impianti prevede anche un sistema per il monitoraggio e il controllo da remoto in grado di fornire informazioni, anche grafiche, dell'intero "percorso energetico". Il sistema sarà collegato, ricevendone informazioni, agli apparati principali del sistema fotovoltaico come: inverter, stazione meteo, quadri elettrici, etc.

I parametri gestiti saranno utilizzati per valutare le prestazioni dell'impianto in termini di produzione di energia stimata e reale e quindi con il calcolo del PR (Performance Ratio). Verrà realizzata un'apposita interfaccia grafica per la gestione dell'impianto. Oltre ai parametri energetici per la valutazione delle prestazioni, il sistema sarà in grado anche di gestire le immagini provenienti dal sistema di videosorveglianza in tempo reale e la possibilità di visione di quelle registrate, trovando quindi applicazione anche in ambito di sicurezza. Tutti gli apparati interessati dal sistema di supervisione saranno ad essi collegati mediante fibra ottica (multimodale e ridondante) in posa interrata in appositi cavidotti, in corrispondenza degli apparati saranno previsti dei dispositivi transponder per la conversione dei segnali da fibra in rame. Inoltre, per la gestione delle informazioni si prevede l'installazione in campo di diversi cassette ottici in appositi involucri protettivi dagli agenti atmosferici. Gli apparati principali per la gestione del sistema saranno invece collocati all'interno della Control Room. Il sistema di supervisione e telecontrollo riveste un ruolo di fondamentale importanza nella gestione dell'impianto in quanto, oltre a trovare applicazioni in ambito di sicurezza e di valutazione delle prestazioni, esso rappresenta lo strumento attraverso il quale il distributore di rete può agire sull'impianto. Infatti, inviando le direttive al gestore di impianto quest'ultimo può settare i parametri di rete con cui l'impianto si interfaccia alla RETE DI DISTRIBUZIONE oppure disconnettere l'impianto in caso di necessità.

RECINZIONE PERIMETRALE

Opera propedeutica alla costruzione di ciascun impianto è la realizzazione di una recinzione perimetrale a protezione del generatore fotovoltaico e degli apparati dell'impianto. Tale recinzione non presenterà cordoli di fondazione posti alla base, ma si procederà con la sola infissione di pali in castagno. Le opere di recinzione e mitigazione a verde saranno particolarmente curate. La recinzione verrà arretrata di 1 m rispetto al confine del lotto. All'interno della recinzione verrà realizzata una fascia di schermatura, differente a seconda dei tratti, così come riportato nelle tavole allegate (opere di mitigazione). In questo modo si potrà perseguire l'obiettivo di costituire una barriera visiva per un miglior inserimento paesaggistico dell'impianto. Come sostegni alla recinzione verranno utilizzati pali sagomati in legno di castagno, che garantiscono una maggiore integrazione con l'ambiente circostante. I pali, alti 3 m, verranno infissi nel terreno per una profondità pari a 1 m. Questi presenteranno giunti di fissaggio laterale della rete sul palo e giunti in metallo per il fissaggio di angoli retti e ottusi. La rete metallica che verrà utilizzata sarà di tipo "a maglia romboidale" e avrà un'altezza di 2 metri sul piano campagna. Il tipo di recinzione sopra descritto è rappresentato, a titolo indicativo, nella foto seguente:



8. MODALITA' DI CONNESSIONE ALLA RETE 15KV

L'Autorità per l'energia elettrica, il gas e rete idrica con la delibera ARG/elt99/08 (TICA) e s.m.i. stabilisce le condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi per gli impianti di produzione di energia elettrica.

Il campo di applicazione è relativo anche ad impianti di produzione e si prefigge di individuare il punto di inserimento e la relativa connessione, dove per inserimento s'intende l'attività d'individuazione del punto nel quale l'impianto può essere collegato, e per connessione si intende l'attività di determinazione dei circuiti e dell'impiantistica necessaria al collegamento.

Secondo la soluzione tecnica generale minima (STMG) fornita da e-distribuzione, si prevede la realizzazione di due linee in cavo cordato interrato a 15 KV che partono dalla cabina principale del sito e si sviluppano lungo viabilità (si vedano gli elaborati progettuali) fino ad arrivare alla Cabina Primaria MT Focomorto con una linea e con l'altra alla cabina del Polo Ospedaliero.

9. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE

Aspetti generali

Secondo la soluzione tecnica generale minima (STMG) fornita da e-distribuzione, si prevede la realizzazione di due linee in cavo cordato interrato a 15 KV che partono dalla cabina principale del sito e si sviluppano lungo viabilità (si vedano gli elaborati progettuali) fino ad arrivare alla Cabina Primaria MT Focomorto con una linea (58721 "PALMIRAN") e con l'altra alla cabina Primaria MT Portomaggiore tramite la cabina del Polo Ospedaliero (238181 "POLO OSPEDA").

Le linee in progetto avranno un percorso in parte esistente ed in parte di nuova realizzazione. La parte di nuova realizzazione le linee seguiranno per quanto più possibile a lato della viabilità provinciale/comunale esistente; i nuovi cavi saranno direttamente interrati in trincea ad una profondità di posa minima di 120 cm.

La partenza di ogni linea è prevista dalla cabina di interfaccia su quadro MT a 15kV, ubicata in prossimità dell'ingresso al campo fotovoltaico, per confluire al quadro MT della Cabina Primaria AT/MT definita nella STMG.

Tali linee risultano necessarie al fine di realizzare il collegamento tra la stazione di Trasformazione e il campo fotovoltaico. Le linee in oggetto oltre ad essere adeguatamente dimensionate per la portata di corrente saranno dimensionate anche in base alla limitazione della caduta di tensione entro valori accettabili. Per realizzare la linea in oggetto saranno utilizzati cavi con conduttore in Rame e materiale isolante in gomma ad alto modulo, dotato di schermo a nastri di rame su ogni anima e protezione esterna con isolamento solido estruso in gomma etilenpropilenica HEPR o polietilene reticolato XLPE.

Il nuovo percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno posati in un letto di

sabbia e successivamente protetti da un “tegolo” prefabbricato che verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato. Il percorso del cavo sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa stessa) da una rete di plastica forata di colore rosso-arancione e da un nastro di segnalazione in PVC opportunamente interrati.

Le vie cavi esistenti permetteranno la posa dei nuovi cavi già in parte posati direttamente interrati per un primo tratto, percorrendo i cavidotti esistenti di collegamento elettrico tra il Polo Ospedaliero di Cona fino alla stazione MT/AT Primaria (CP) Focomorto.

La realizzazione dei cavidotti così come prospettato, permette il rispetto dei valori imposti dalla normativa (DPCM del 08/07/2003: 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”) sia in termini di intensità del campo elettrico che di induzione magnetica.

Il proponente ha deciso di fare in proprio tutte le opere di connessione previste.

Le opere da realizzare saranno le seguenti:

CABINA CONSEGNA

- Allestimento nuova cabina di consegna denominata DE10-2-741231 VALLAZZA FTV;
- Realizzazione delle Opere edili principali ed accessorie per la nuova cabina;
- Montaggio delle apparecchiature elettromeccaniche della nuova cabina;

CONNESSIONE LINEA NUOVA DE10-2-741231 “VALLAZZA FTV” – 238181 “POLO OSPEDA”

- Realizzazione Linea in cavo interrato Cu 240 mm² di 1.250mt;

CONNESSIONE LINEA NUOVA DE10-2-741231 “VALLAZZA FTV” – 58721 “PALMIRAN”

- Realizzazione Linea in cavo interrato Cu 240 mm² di 1250mt (primo tratto);
- Realizzazione Linea in cavo posato in cavidotto esistente Cu 240 mm² di 1250mt (secondo tratto);

Nuova Linea MT a 15kV in cavidotto esistente

Il cavidotto esistente, ospitante due linee MT 15kV da Polo Ospedaliero a Cabina Primaria Palmirano, realizzato alcuni anni fa per la posa di 3 tubazioni di cui 2 con all'interno il cavo MT e 1 vuoto e autorizzato tramite conferenza dei servizi da PROVINCIA DI FERRARA con Atto (PG 49910/2009 del 18/06/2009) relativo alla nostra ISTANZA ZOFE/0390 “Inserimento di due nuove linee MT a 15 kv in cavo interrato SIEPE e AQUILA per il nuovo Polo Ospedaliero di Cona nelle località di Focomorto e Cona nel Comune di Ferrara”, ospiterà il terzo ulteriore cavo in MT a 15 kV.

Di seguito le autorizzazioni ottenute:

1. REGIONE EMILIA ROMAGNA: CANALE DIVERSIVO – VIA DELLA GINESTRA (Argine) – PO DI VOLANO RISVOLTA DI CONA - PG 2008 0257209 31/10/2008
2. CONSORZIO DI BONIFICA ex I CIRCONDARIO: ATTRAVERSAMENTO SCOLO SCORSURO - PROT. 10294 18/09/2008 – NULLA OSTA 5694
3. PROVINCIA DI FERRARA: SP 15 VIA DEL MARE KM 1+160 - PG 68811/2008 05/08/2008 – PROCEDIMENTO 572/2008
4. PROVINCIA DI FERRARA: SP 1 VIA COMACCHIO DAL KM 2+820 (Attraversamento) e dal KM 2+820 AL KM 3+100 (Percorrenza) - PG 46269/2010 27/05/2010 – PROCEDIMENTO AUTO-117-535-2010
5. PROVINCIA DI FERRARA: SP 1 VIA COMACCHIO DAL KM 3+100 AL KM 3+300 - PG 46241/2010 27/05/2010 – PROCEDIMENTO AUTO-117-535-2010
6. PROVINCIA DI FERRARA + FER: RACCORDO STRADALE PER POLO (Trattasi di NO congiunto in quanto all'epoca la strada fu eseguita da Ferrovie Emilia Romagna poi ceduta a Provincia) - Prot. PROVINCIA n° 9763 del 05/02/2009 – Prot. FER n° 4952 del 15/06/2009
7. FER: FERROVIA FERRARA – CODIGORO KM 09+700 - PROT 8931/T/FBP 18/11/2008
8. CONSORZIO DI BONIFICA ex II CIRCONDARIO COLLETTORE GENERALE SANT'ANTONINO - PROT. 3676 18/08/2008
9. FER: FERROVIA FERRARA – CODIGORO KM 10+384 (DELLA NUOVA VARIANTE) – KM 0+914 (DELLA SOLA VARIANTE) - PROT 8931/T/FBP 12/11/2008
10. SERVITU' DI ELETTRODOTTO CON AZIENDA OSPEDALIERA

Il tracciato esistente è rappresentato con tratto rosso su fondo giallo



10. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE

Linee in cavo

Le caratteristiche principali della struttura della linea aerea saranno le seguenti:

Cavi Interrati: Tratte interrate a 15 kV con conduttori eli-cordati del tipo RE4H1RX – 12/20 kV con formazione 3x(1x240)mm².

RE4H1RX – 12/20 kV sono cavi media tensione tripolari ad elica visibile per la distribuzione interrata dell'energia elettrica, con isolamento a spessore ridotto. Conduttori in corda di rame rotonda compatta cl.2. Cavo isolato con polietilene reticolato (XLPE). Guaina esterna in polietilene estruso PE.

Caratteristiche costruttive

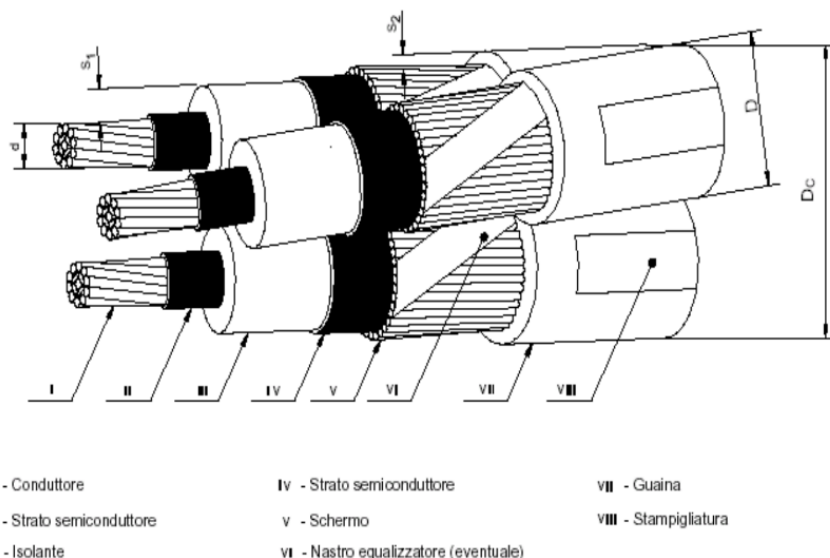
- Conduttore: Corda di Rame rosso rotonda compatta CEI EN 60228 classe 2
- Isolamento: Polietilene reticolato (XLPE)
- Schermo: Nastro di alluminio longitudinale
- Guaina esterna: Polietilene estruso PE.
- Colore: rosso

Riferimento normativo

- Costruzione e requisiti: ENEL DC 4385/1 | ENEL DC 4384
- Conduttore: Cu classe 2
- Isolamento: XLPE
- Guaina esterna: PE

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : 12/20 kV
- Tensione massima di esercizio U_m : 24 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Temperatura minima di posa: -25 °C



Cabina di Consegna

Sarà installata una cabina di consegna del tipo “DG2092”, fornita e posta in opera dal produttore.

La cabina sarà del tipo prefabbricato, e realizzata mediante una struttura monolitica in calcestruzzo armato vibrato autoportante, completa di porte di accesso e griglie di aerazione.

Le dimensioni del vano consegna delle cabine di consegna seguiranno gli standard tecnici E-Distribuzione:

- DG10061_Rev_06 del 07-05-11
- DG2093 ed.01 Settembre 2021 NEGLI EDIFICI
- DG2061 ed.09 Settembre 2021

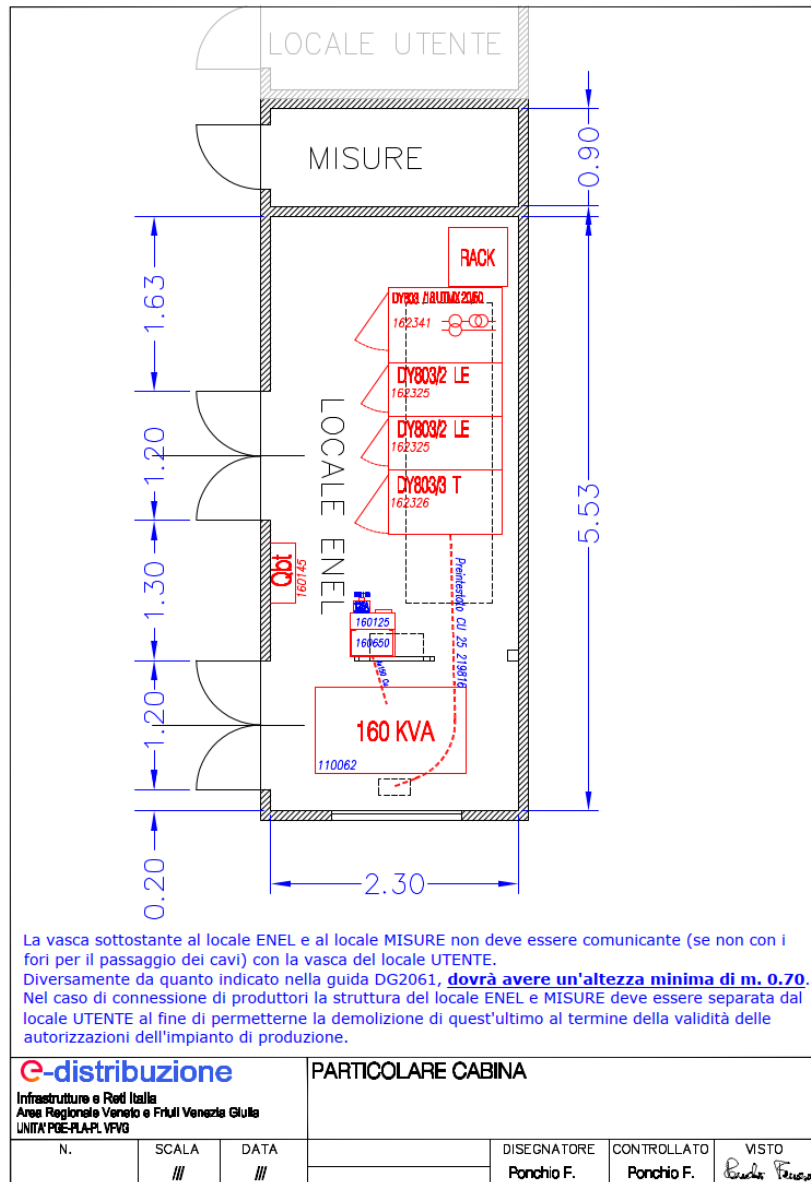
L'impianto di allacciamento da realizzarsi presso la cabina di consegna nel vano consegna prevede:

- Nr. 2 SCOMPARTI LINEA MOTORIZZATA "LE" DY803/2;
- Nr. 1 SCOMPARTO PROTEZIONE TRASFORMATORE "T" DY803/3;
- Nr. 1 SCOMPARTO UTENTE MOTORIZZATO "UTM" DY803M/316;
- Nr. 1 SCOMPARTO UTENTE - TV-TA 15/0,1KV-50/5A H1850 - ENEL DY803/18

Tutti gli scomparti saranno protetti con involucro metallico e con tensione di riferimento per l'isolamento di 24 kV.

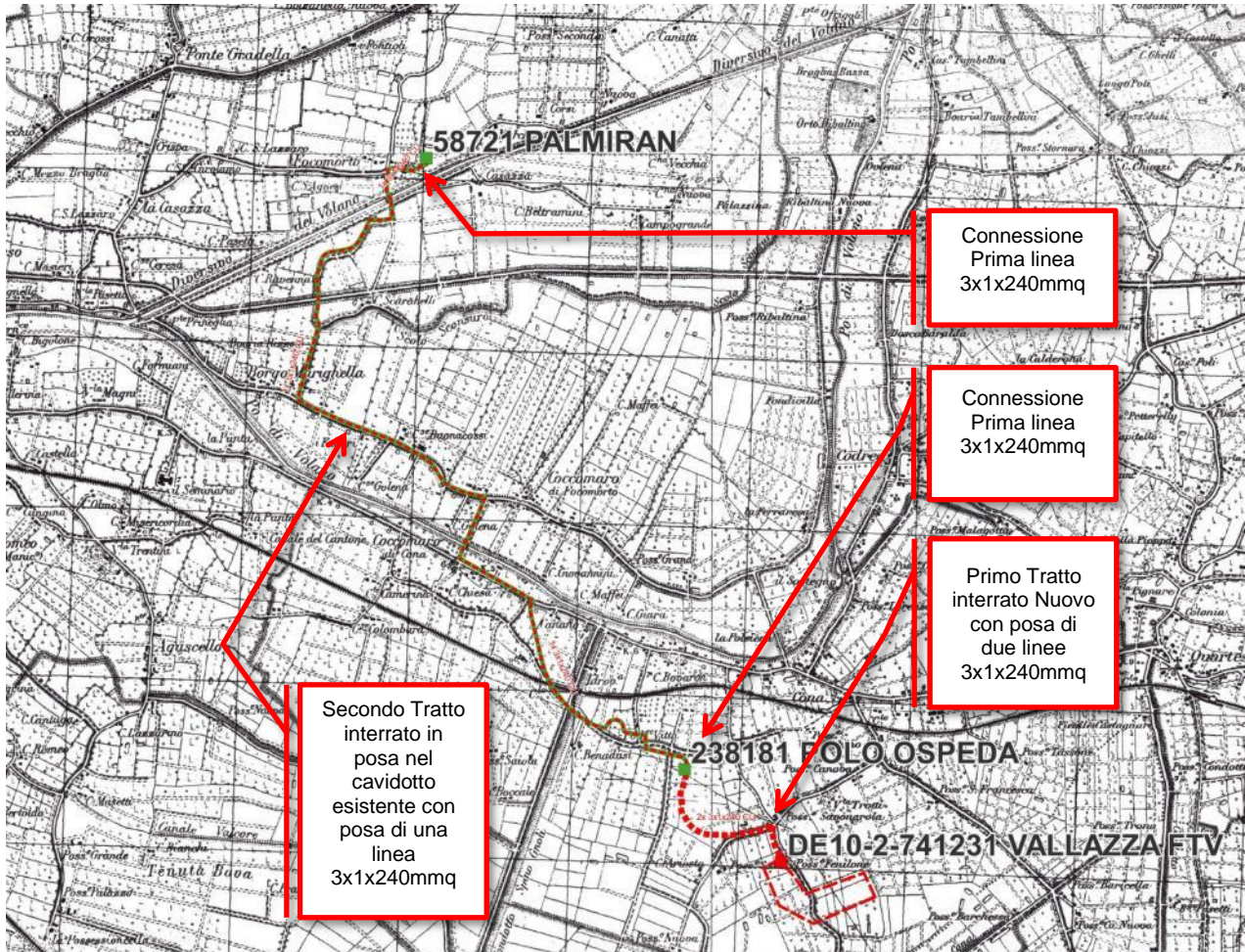
L'impianto di terra esterno della cabina di consegna sarà costituito da:

- un dispersore intenzionale che realizza Dichiarazione sulle aree percorse da incendi lizza un doppio anello in corda di rame nudo da 35 mm² (ETP UNI 5649-71), posato ad una profondità di 0.5=0. 8 m completo di morsetti per il collegamento tra rame e rame.
- morsetti a compressione in rame per realizzare le giunzioni tra i conduttori trasversali alla maglia principale;
- n. 4 dispersori verticali in acciaio zincato (o ramato) H=2 m; - morsetti in rame stagnato o ottone per il collegamento ai dispersori in acciaio; il tutto come meglio evidenziato negli elaborati allegato



11. PERCORSO E INTERFERENZE

Nel seguito saranno specificati i particolari del percorso e le interferenze esistenti i cui dettagli sono riportati nella relazione Nr. 23-LS15787-IT-CONA-PTO-R01.



Stralcio percorso complessivo

Per le interferenze e le sezioni di scavo è stato redatto un documento specifico, allegato al Progetto Definitivo. In particolare sono state evidenziate le interferenze del nuovo cavidotto, tra la cabina Polo Ospedaliero e la nuova cabina di consegna Vallazza FTV.

12. LIMITI DI COMPATIBILITÀ ELETTRROMAGNETICA

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):

- 1 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;
- 2 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).

Nel dettaglio, si riportano le seguenti tabelle con le definizioni ed i limiti di esposizione per basse frequenze:

Limite di esposizione	Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione
Limite di attenzione	Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata
Obiettivi di qualità	Limite da rispettare per installazioni future

DPCM 8 luglio 2003 – Basse frequenza (< 100 kHz)		
	Campo elettrico	Induzione magnetica
Limite di esposizione	5000 V/m	100 μ T
Valore di attenzione (media 24 h)		10 μ T
Obiettivi di qualità (media 24 h)		3 μ T

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 Decreto 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 (par. 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008) con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico.

Le definizioni di DPA e Fascia di rispetto sono, infatti, così definite:

- **Distanza di prima approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; e per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;
- **Fascia di rispetto:** spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità

maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T).

SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF)

Le basse frequenze, o ELF (Extremely Low Frequency), consistono in campi elettrici e magnetici di che si formano in corrispondenza di elettrodotti (a bassa, media ed alta tensione), e di tutti i dispositivi domestici alimentati a corrente elettrica, di intensità decisamente inferiore, quali elettrodomestici, videoterminali, etc.

Gli altri componenti del sistema di trasmissione e distribuzione che sono diffusi sul territorio, cioè le stazioni e le cabine, non sono in pratica delle importanti sorgenti di campo elettrico dal punto di vista dell'esposizione della popolazione.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche aeree in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Si distinguono due principali tipologie di sorgenti in base alle diverse caratteristiche del campo emesso:

- Quelle deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica;
- Quelle degli apparecchi che utilizzano energia elettrica.

Nella situazione in esame si tratta di elettrodotti cioè sorgenti di campo elettromagnetico a frequenza industriale (50 – 60 Hz). Per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Le cabine di trasformazione rappresentano un problema molto minore dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico, poiché a pochi metri di distanza i campi elettrici e magnetici sono già trascurabili.

Le linee elettriche portano energia elettrica dai centri di produzione agli utilizzatori (industrie, abitazioni, etc.) mentre le cabine di trasformazione trasformano la corrente prodotta dalle centrali in tensioni più basse per l'utilizzazione nelle applicazioni pratiche.

Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 15 kV e 20 kV per la media tensione, 132, 220 e 380 kV per l'alta tensione.

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

In tale cabina MT, sarà presente anche un trasformatore MT/bt (15/0,4 kV) destinato all'alimentazione degli ausiliari interni all'impianto.

Da tale cabina elettrica MT posta in prossimità del perimetro d'impianto, diparte, quindi l'elettrodotto in cavidotto con posa interrata MT (15 kV) verso la Cabina Primaria CP MT/AT (come da STMG) a cui ci si collegherà per l'immissione in rete dell'energia prodotta.

CALCOLO DELLA DPA PER I COMPONENTI IN PROGETTO

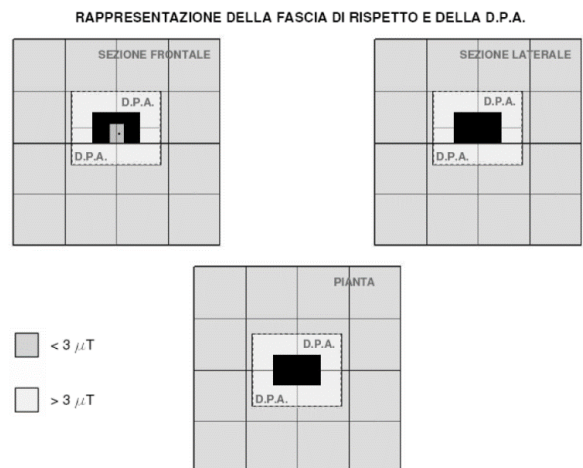
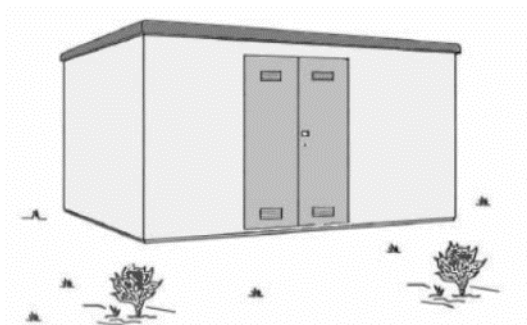
Le apparecchiature elettriche presenti in impianto, sorgenti di campo elettromagnetico, sono le seguenti:

- Campo Fotovoltaico (moduli fotovoltaici);
- Cabine inverter e di trasformazione bt/MT (container tecnico);
- Elettrodotti interrati di media tensione (MT) tra cabina di trasformazione e cabina elettrica (sw station) MT;
- Cabina elettrica MT (sw station);
- Elettrodotto interrato MT da cabina elettrica MT verso le cabine primarie (CP). Di seguito, le analisi ed i calcoli per ciascuna sorgente.

Nel seguito si analizza unicamente la parte della cabina di consegna e le relative linee di connessione con le CP.

DPA CABINA DI CONSEGNA

La cabina di consegna per la valutazione della DPA, si considera la presenza di un trasformatore pari a 630KVA.

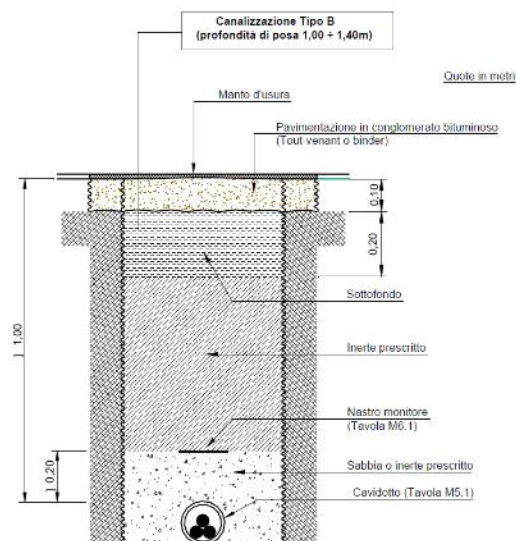


DPA LINEE DI CONNESSIONE

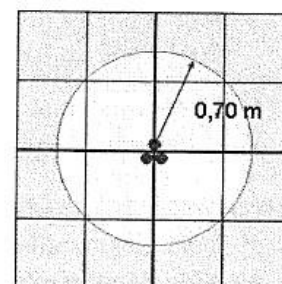
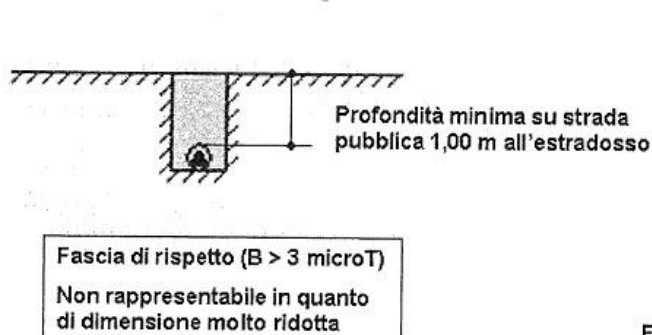
Dalla cabina elettrica Media Tensione presente al perimetro dell'impianto diparte l'elettrodotto MT (15 kV) interrato in cavo cordato ad elica (tipo RG7H1R o RE4H1R 12/20 kV) che conduce alla Cabina Primaria per la connessione con la rete.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sezione (3x1x240) (con posa a trifoglio).

Il cavidotto verrà posato su tutta la lunghezza dell'impianto quasi esclusivamente in strada asfaltata pubblica, pertanto, la profondità di interramento sarà pari ad almeno 1 m dall'estradosso superiore del tubo (canalizzazione di tipo B).



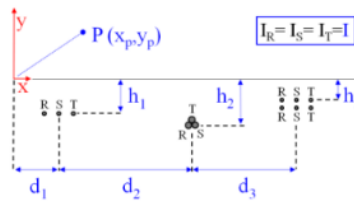
Per tale configurazione, come si evince anche dall'estratto delle Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al D.M. 29/05/08", la fascia di rispetto risulta avere un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n.4498 e s.m.i.



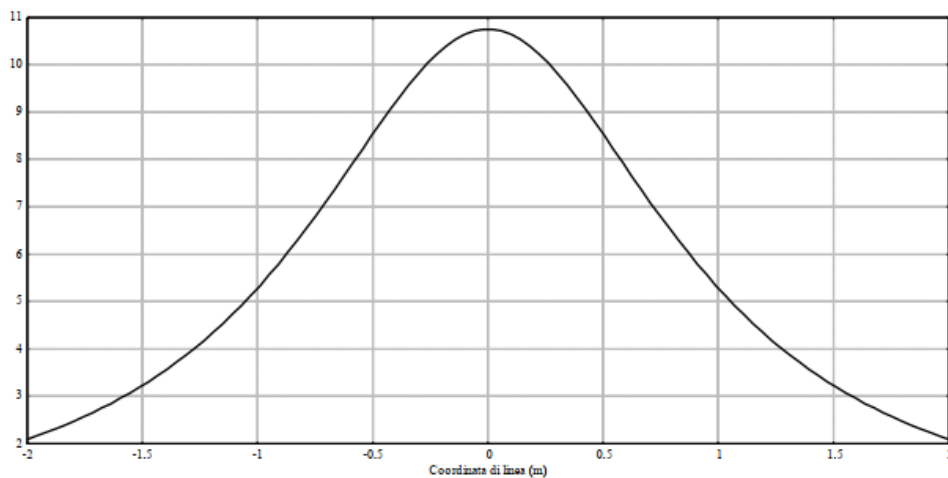
Fascia di rispetto (B > 3 microT) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3 m) – sez. 185 mm² – In 324 A

Modellizzando, ad ogni modo, l'elettrodotto MT in cavo interrato mediante il software Magic della società Beshielding, con la sezione maggiore (240 mm²) il risultato viene, di seguito, proposto.

- Coordinate di riferimento: x: 0 m – y: 0 m (piano campagna).
- Elettrodotto MT: 1 terna a trifoglio con interrimento di 1 m (y=-1 m)



L'andamento dell'induzione magnetica alla quota del piano campagna (0 m), nella fascia compresa tra x:-2 m e x:2 m, è la seguente:



Si denota, come in corrispondenza dell'asse del cavidotto (x: 0 m), il valore si attesta attorno a 10,5 μ T, per poi decrescere simmetricamente su ambo i lati, rimanendo sotto il valore di 3 μ T nella fascia compresa da -1,6 e 1,6 m rispetto ad asse terna di cavi.

Anche per il tratto aereo, la configurazione, come si evince anche in questo caso dall'estratto delle Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al D.M. 29/05/08", la fascia di rispetto risulta avere un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n.4498 e s.m.i. come nel seguito indicato:



Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il software Magic.

ANALISI COMPLESSIVA SULLA DPA

Sulla base dell'analisi condotta nei cap. precedenti, e dei risultati emersi si può concludere quanto segue:

- La Distanza di Prima Approssimazione (D.P.A.) calcolata per la Cabina di Consegna (e-distribuzione), compresa l'approssimazione per eccesso, risulta pari al massimo a 2,00 m da considerarsi dal filo esterno della stessa cabina.
- I valori di campo magnetico indotto sul tratto di connessione dai cavidotti di connessione in MT risultano contenuti come nel seguito indicato:
 - Linee interrate in cavo 3x1x240 con fascia di rispetto ha ampiezza massima di 0,7 m da asse cavo;