

IMPIANTO A G RIVOLTAICO EG BETULLA SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 93,73 MWp - COMUNE DI POLESELLA (RO)

Proponente

EG BETULLA S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 – 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 12460120962 – PEC: egbetulla@pec.it

Progettazione

Ing. Antonello Rutilio

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it

Tel.: +39 0532 202613 – email: a.rutilio@incico.com

Coordinamento progettuale

SOLAR IT S.R.L.

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiaptec.it

Tel.: +390425 072 257 – email: info@solaritglobal.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL01	24SOL069_PD_REL01.00-Relazione Illustrativa	GIUGNO '24

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	GIUGNO '24	EMISSIONE PER PERMITTING	MGA	EPO	ARU



COMUNE DI POLESELLA (RO)

REGIONE VENETO



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INTRODUZIONE	1
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
4	UBICAZIONE DEL SITO	4
5	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO.....	6
1.1	SOLUZIONE AGRIVOLTAICA	8
6	DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI.....	9
6.1	CONFIGURAZIONE ELETTRICA	9
6.2	PROGETTAZIONE DEL CABLAGGIO ELETTRICO	9
7	PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO.....	10
7.1	MODULI FOTOVOLTAICI	10
7.2	INVERTER CENTRALIZZATI.....	12
7.3	STRUTTURE DI SOSTEGNO.....	16
7.4	QUADRI DI STRINGA.....	17
7.5	TRASFORMATORE.....	17
7.6	STAZIONE DI TRASFORMAZIONE BT/AT.....	18
8	IMPIANTI AUSILIARI E OPERE CIVILI	19
8.1	OPERE CIVILI.....	19
8.2	IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE.....	20
8.3	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	20
8.4	IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA.....	20
8.5	METEO STATION.....	20
8.6	SISTEMA DI SUPERVISIONE	20
9	ELETTRODOTTO E OPERE DI CONNESSIONE	21

1 PREMESSA

L'opera oggetto della presente relazione illustrativa riveste un ruolo di importanza strategica nell'assetto energetico Nazionale in quanto contribuisce, in modo molto significativo, al raggiungimento degli obiettivi energetici proposti dall'Italia e inseriti nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (NECP), come indicato nel documento "National Survey Report of PV Power Application in Italy 2018" redatto a cura del GSE e dell'RSE. A tal proposito, il Paese si è impegnato ufficialmente ad incrementare la quota di energia elettrica consumata e prodotta da fonti rinnovabili (FER), passando di fatto dal 34% nel 2017 al 55% nel 2030. Il raggiungimento di un tale ottimistico risultato non può, in alcun modo, prescindere dal contributo fornito dalla produzione di energia elettrica da fonte solare (fotovoltaica) che rappresenta la quota parte più importante di energia "verde" prodotta in Italia. Quanto sopra descritto si traduce, in pratica, in un necessario incremento della capacità fotovoltaica installata che, per perseguire gli obiettivi prefissati, nel 2030 dovrebbe raggiungere i 50 GW complessivi, attualmente si attesta attorno ai 20 GW complessivi. Molto è stato fatto in passato da parte del Governo per incentivare la produzione di energia da fonte solare fotovoltaica, e, dopo un breve periodo di stallo durato circa 4/5 anni, oggi sono state profuse nuove forze e nuove idee propedeutiche al conseguimento dei suddetti obiettivi energetici e dare nuovo slancio al mercato Nazionale delle energie rinnovabili. Tuttavia, da analisi effettuate risulterebbe che tutti gli sforzi profusi non sarebbero sufficienti per il raggiungimento degli obiettivi energetici 2030, e quindi sarebbero destinati a rimanere un miraggio senza l'apporto fornito allo scopo dalle grandi centrali fotovoltaiche, ovvero da impianti in utility scale che producono energia rinnovabile in regime di grid parity. Le stesse considerazioni vanno ovviamente fatte anche in relazione al Piano Energetico Regionale, lo strumento di programmazione strategica con il quale la Regione ha definito gli obiettivi e le modalità per far fronte agli impegni fissati dall'UE attraverso la Roadmap al 2050. Con il Decreto Ministeriale 15 marzo 2012, cosiddetto Burden Sharing, sono state assegnate alle Regioni le rispettive quote di produzione di energia da fonti rinnovabili elettriche e termiche per concorrere al raggiungimento dell'obiettivo nazionale. Tra i macro-obiettivi del PER c'è non solo quello di allinearsi alla media nazionale, ma quello di divenire esempio virtuoso per produzione energetica da fonti rinnovabili e nell'innovazione energetica. In tale contesto le opere oggetto della presente relazione possono essere considerate di importanza fondamentale, quasi strategica, nel panorama energetico Nazionale.

2 INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto agrivoltaico associato alla proponente proponente Società EG BETULLA S.R.L. con sede in Via dei pellegrini 22 20122 MILANO (MI). Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Polesella (RO), con moduli installati su strutture tracker a terra, ovvero su apposite strutture di sostegno direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera. Di seguito si riporta la denominazione, potenza nominale di picco (DC) e potenza di immissione in rete (AC) dell'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione illustrativa:

Dati di potenza impianto "EG Betulla"	
Potenza picco (DC)	93,73 MWac
Potenza max di immissione (AC)	90,64 MWac
Potenza targa inverter (AC)	90.64 MWdc
Rapporto DC/AC	1,03

Tabella 2-1 Caratteristiche del sito

L'impianto sarà collegato in antenna a 36kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132/36 kV da inserire in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV "San Bellino – Rovigo ZI" e "Canaro – Rovigo RT". L'energia prodotta verrà 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 agrivoltaico 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. EG Betulla srl: via dei pellegrini 22 – 20122 Milano, - P.IVA 12460120962 –, PEC: egbetulla@pec.it.

Nel rispetto di quanto riportato secondo il preventivo di connessione Terna codice pratica **202100203**, l'impianto in fase di

esercizio sarà configurato affinché non venga superata la potenza pari a 91.014 MW di immissione in rete.

3 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";
- ✓ DM 37/08 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, 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."
- ✓ DPR 380/2001 "Ripubblicazione del testo del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)", corredato delle relative note. (Decreto pubblicato nel supplemento ordinario n. 239/L alla Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 245 del 20 ottobre"
- ✓ D.lgs. 387/2003 (fonti rinnovabili) Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- ✓ D.lgs. 28/2011 (fonti rinnovabili) Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. (11G0067).
- ✓ DPR 462/2001 (verifiche periodiche impianti di terra) Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.
- ✓ 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 EN IEC 61439: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Regole generali. Parte 2: Quadri di potenza";
- ✓ 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;V2 "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;EC1: "Protezione contro i fulmini" Principi generali CEI 81-10/2;EC1: "Protezione contro i fulmini"

Valutazione del rischio CEI 81-10/3;EC1: “Protezione contro i fulmini” Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone CEI 81-10/4;EC1: “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 EN IEC 61724-1 Photovoltaic system performance Part 1: Monitoring
- ✓ CEI 99-4: Guida per l’esecuzione delle cabine elettriche AT/BT del cliente/utente finale.
- ✓ CEI EN 60909-0 “Correnti di corto circuito nei sistemi trifase 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, predisposto in conformità a quanto previsto nel D.P.C.M. dell’11 maggio 2004 e s.m.i. in materia di unificazione tra proprietà e gestione della rete.

4 UBICAZIONE DEL SITO

Come anticipato, l'impianto agrivoltaico in progetto, sarà realizzato nel territorio del comune di Polesella (RO). I terreni sono regolarmente censiti al catasto come da piano particellare riportato nel documento PD_REL15.

Il design di impianto ha tenuto conto delle superfici di terreno disponibile all'installazione del generatore agrivoltaico.

Il sito di interesse è ubicato nel comune di Polesella (RO), in area agricola in altopiano, con morfologia prevalentemente pianeggiante, e presenta una superficie recintata di 136.18 ha dedicata alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico.

Rispetto all'agglomerato urbano della cittadina di Polesella, l'area di impianto è ubicata a nord-est in un'area agricola a circa 1,2km di distanza.

L'ubicazione dell'impianto agrivoltaico ha le caratteristiche mostrate in Tabella 4-1.

Caratteristiche dell'ubicazione dell'impianto agrivoltaico	
Città	Polesella
Regione	Veneto
Paese	Italy
Latitudine	+44.99 °
Longitudine	+11.73 °
Altitudine	3.77 m a.m.s.l.
Fuso orario	UTC +1

Tabella 4-1 Caratteristiche del sito

Nell'immagine satellitare di cui sotto, si evince l'area occupata dall'impianto agrivoltaico ed il collegamento in antenna a 36 kV alla stazione elettrica 132/36kV (SE) di nuova realizzazione sita nel comune di Rovigo (RO), come indicato nella Soluzione Tecnica Minima Generale di Terna.



Figura 4-1 Layout impianto e connessione alla Stazione Elettrica

5 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Il generatore agrivoltaico si estenderà su una superficie di terreno a destinazione agricola insistente nel territorio del comune di Polesella (RO). Di seguito si riportano le caratteristiche principali dell'impianto:

Caratteristiche impianto	
SUPERFICIE RECINTATA (Ha)	136,18
POTENZA NOMINALE DC (MWP)	93,73
POTENZA MAX DI IMMISSIONE (AC)	90,64
MODULI INSTALLATI (700W)	133.896
NUMERO STRINGHE (28 MODULI)	4782
NUMERO INVERTER CENTRALIZZATI (4532kVA)	20

Tabella 5-1 Caratteristiche dell'impianto

I moduli fotovoltaici installati avranno potenza nominale (@STC) pari a 700 W, saranno del tipo bifacciali e installati "a terra" su strutture a inseguimento solare (tracker) con asse di rotazione Nord/Sud ed inclinazione massima di circa 60°.

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 (2x(11x6)) con tecnologia TOPCon.

Essi saranno fissati su ciascuna struttura in modalità Portrait 2N, ovvero in file composte da un modulo con lato corto parallelo al terreno, le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di 4 tipi individuate in funzione della loro lunghezza ovvero 1x28; 1x56; 1x84; 1x112 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza complessiva rispettivamente di circa 18, 37,55 e 74 metri.

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.

Per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, si installeranno inverter centralizzati.

Si realizzerà per ogni sottocampo una stazione tipo skid, con un inverter centralizzato, un quadro di bassa tensione (QBT), un trasformatore elevatore in olio BT/AT 0.6/36kV, un quadro di alta tensione (QAT 36kV) ed infine un cabinato per i servizi ausiliari.

In campo sarà prevista l'installazione di quadri di stringa (combiner box). I suddetti raccolgono l'energia generata dal array DC, collegando in parallelo le stringhe all'inverter e fornendo protezione elettrica per il campo fotovoltaico.

Per far corrispondere il numero di ingressi dell'inverter, diverse stringhe in parallelo saranno concentrate in modo da funzionare come un unico circuito.

Le scatole di derivazione devono essere installate con un fusibile per stringa per proteggere ogni array. Verranno installati scaricatori di sovratensione in DC ed un interruttore DC verrà posizionato nella linea di uscita. Inoltre, è possibile installare un sistema di comunicazione per monitorare la corrente e la tensione della stringa.



Figura 5-1- Esempio di quadro di stringa

Ciascuna stazione di trasformazione e conversione in soluzione Skid avrà dimensioni pari a c.a. L 6.06xP 2.438xH 2,89 m.

L'impianto fotovoltaico sarà completato 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 16,45x4,00x3,00 m.

Lo spazio all'interno del manufatto sarà organizzato in modo tale da avere un locale per il sezionamento e protezione dei circuiti di alta tensione (collocamento del quadro generale di alta tensione), un locale dedicato all'installazione del trasformatore di spillamento AT/BT da 100 kVA 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.

Nella cabina di interfaccia 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. Il quadro di Alta tensione collocato all'interno della cabina di interfaccia è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee AT provenienti dalle stazioni di campo.

Tramite un cavidotto AT 36kV sarà realizzato il collegamento in antenna tra la suddetta cabina e la nuova Stazione Elettrica (SE) da inserire in entra- esce alle linee RTN a 132 kV "San Bellino – Rovigo ZI" e "Canaro – Rovigo RT", " ".

Il nuovo elettrodotto 36kV per il collegamento in antenna dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo di arrivo produttore a 36kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

L'impianto agrivoltaico 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. Il campo agrivoltaico prevede la realizzazione di un sistema di viabilità perimetrale e verticale, 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 acciaio 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. La viabilità interna al sito avrà larghezza di 4,0 m; tutta la viabilità sarà realizzata in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria) oltre al materiale derivante dalle lavorazioni di scavo.

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 3m, saranno dislocati in corrispondenza dei punti principali di impianto (cabina di interfaccia, stazioni di conversione e elevazione, ingressi) e su di essi saranno montati corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione). su ognuno di questi pali saranno installate anche 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 ciascuna area dell'impianto agrivoltaico.

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 36 kV.

Il collegamento tra la cabina di Interfaccia e la rete elettrica AT prevede la realizzazione di un elettrodotto interrato con la posa di una terna di cavi idonei al trasporto di energia in alta tensione (36 kV).

Le linee di bassa tensione, sia quelle in corrente continua che in corrente alternata, e le linee di alta tensione (36kV) saranno realizzate totalmente all'interno dell'area occupata dall'impianto fotovoltaico. Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa (collegamento moduli/quadri di stringa), 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 non meno di 150 cm per quelli di alta tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano campagna.

I collegamenti, esterni all'area di impianto, saranno realizzati per quanto possibile a lato della viabilità comunale, provinciale e rurale esistente. I cavi saranno in posa direttamente interrati, ad una profondità non inferiore ai 150 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).

Per quanto concerne il taglio dell'erba all'interno del parco, la frequenza avrà indicativamente carattere stagionale, salvo casi particolari individuati durante la gestione dell'impianto. 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.

1.1 SOLUZIONE AGRIVOLTAICA

IL CAPITOLO SARA' INTEGRATO APPENA LA LASOUZIONE AGRIVOLTAICA SARA' CONVALIDATA

6 DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

6.1 CONFIGURAZIONE ELETTRICA

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. Ciascun quadro di campo (combiner box) sarà collocato in campo 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 della stazione di trasformazione e conversione in skid, dove si provvederà alla trasformazione della tensione di esercizio da BT 630V (quella prodotta dall'inverter) a AT 36kV.

La stazione sarà pertanto composta da un inverter centralizzato, un trasformatore BT/AT, un quadro AT e dagli apparati ausiliari necessari al funzionamento ordinario dell'intero sistema. Ognuna di esse gestirà un sottocampo, in totale sono previsti 20 sottocampi.

Le caratteristiche principali della configurazione elettrica globale e per aree sono riportate rispettivamente nella seguente tabella.

Caratteristiche della configurazione elettrica globale	
Potenza nominale dell'impianto	90,64 MWac
Potenza picco dell'impianto	93,73 MWdc
Rapporto DC/AC	1.03
Moduli per stringa	28

Tabella 6-1 - Caratteristiche della configurazione elettrica globale

La rete di alta tensione che collega le stazioni AT/BT alla Cabina d'interfaccia funziona a 36 kV.

6.2 PROGETTAZIONE DEL CABLAGGIO ELETTRICO

Quando vengono calcolate le caratteristiche del cablaggio elettrico, l'obiettivo è ridurre al minimo le lunghezze e le sezioni dei cavi. Le sezioni sono selezionate secondo lo standard IEC 60502-2.

Per calcolare la sezione di cavo, sono stati considerati la caduta di tensione, la capacità di carico di corrente e la corrente di cortocircuito.

La caduta di tensione massima consentita è stata 1.5% per il lato DC, e 1.5% per i cavi AC della rete di AT. Un cavo di terra di 35 mmq verrà usato per le trincee di bassa e alta tensione, mentre un cavo di terra di 50 mmq verrà usato per le stazioni di campo.

Nella seguente tabella si mostra un riassunto delle sezioni dei cavi selezionati e il loro metodo d'installazione.

Sezione	Materiale conduttore	Materiale isolante	Tipo d'installazione
Stringhe - Quadro di Stringa			
6 mm ²	Cu	LSOH	legato a struttura
Quadro di Stringa - Inv.			
300 mm ²	Cu	EPR	Interrato in trincea
240 mm ²	Cu	EPR	Interrato in trincea
Stazione di campo AT/BT - Quadro AT (Cabina d'interfaccia)			
500 mm ²	Cu	HEPR	Interrato in trincea

Tabella 6-2 - Riassunto delle sezioni dei cavi selezionati

7 PRINCIPALI COMPONENTI DI IMPIANTO

Gli impianti agrivoltaici 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 agrivoltaico 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, 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.

L'avanzamento tecnologico in ambito fotovoltaico potrebbe rendere indisponibili sul mercato alcuni componenti attualmente previsti dal progetto al momento della fase di reperimento dei materiali.

Analogamente, in base alla disponibilità del mercato, potranno essere acquistati apparecchiature di marca differente (es. Trina, Longi, Sungrow, ecc.) rispetto a quelle attualmente previste a progetto, garantendo in ogni caso analoghi standard qualitativi ed equivalenti caratteristiche elettriche e strutturali.

7.1 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, policristallino e eterogiunzione. 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 TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact).

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 SI-mono TOPCon cells del tipo bifacciale con moduli di potenza pari a 700W e dimensioni 2384x1303x33 mm, il modulo individuato è CS7N-700TB-AG 1500V di CSI solar co. 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.).

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.

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

Caratteristiche dei moduli fotovoltaici	
Caratteristiche principali	
Modello	CS7N-700TB-AG 1500V
Produttore	CSI Solar Co., Ltd.
Tecnologia	Si-mono
Tipo di modulo	Bifacciale
Massima tensione	1500 V
Standard test conditions (STC)	

Potenza picco	700.0 W
Efficienza	22.53 %
Tensione MPP	40.0 V
Corrente MPP	17.51 A
Tensione a vuoto	47.9 V
Corrente di cortocircuito	18.49 A
Coefficienti di temperatura	
Coefficiente di potenza	-0.290 %/°C
Coefficiente di tensione	-0.250 %/°C
Coefficiente di corrente	0.050 %/°C
Caratteristiche meccaniche	
Lunghezza	2384.0 mm
Larghezza	1303.0 mm
Spessore	33.0 mm
Peso	37.8 kg

Tabella 7-1 – Caratteristiche modulo fotovoltaico

7.2 INVERTER CENTRALIZZATI

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 sarà parte della stazione di trasformazione e conversione in Skid, insieme ad un quadro di bassa tensione (QBT), un trasformatore elevatore in olio BT/AT 0.6/36kV, un quadro di alta tensione (QAT 36kV) ed infine un cabinato per i servizi ausiliari del campo fotovoltaico.

Le unità previste sono in tutto 20 di potenza nominale alle condizioni di test standard di 4.532 KVA (40°) , con 4 ingressi MPPT e n. 20 ingressi CC.

L'inverter è composto dai seguenti elementi:

- ✓ Uno o più stadi di conversione di potenza da DC ad AC, ciascuno dotato di un sistema di tracciamento del punto di massima potenza (MPPT). Il MPPT varierà la tensione del array DC per massimizzare la produzione in base alle condizioni operative.
- ✓ Componenti di protezione contro alte temperature di lavoro, sovratensione e sotto-tensione, bassa o alta frequenza, corrente minima di funzionamento, mancanza di rete del trasformatore, protezione anti-isola, comportamento contro i vuoti di tensione, ecc. Oltre alle protezioni per la sicurezza del personale.
- ✓ Un sistema di monitoraggio, che ha la funzione di trasmettere i dati relativi al funzionamento dell'inverter al proprietario (corrente, tensione, potenza, ecc.) e dati esterni dal monitoraggio delle stringhe nell'array DC (se c'è un sistema di monitoraggio delle stringhe).

Gli inverter saranno installati in prossimità della viabilità interna del campo stesso secondo la configurazione dei sottocampi fotovoltaici.

In Figura 7-1 si mostra un inverter centralizzato tipo comunemente usato per impianti fotovoltaici.



Figura 7-1 – Esempio di inverter centralizzato

In tabella 7-2 si mostrano le caratteristiche principali degli inverter.

Caratteristiche dell'inverter	
Caratteristiche principali	
Modello	SG4400UD
Tipo	CENTRAL
Produttore	Sungrow
Max Efficienza conversione da DC ad AC	98.67 %
Ingresso (DC)	
Range di tensione di ricerca MPPT	895 - 1500 V
Tensione massima di ingresso	1500 V
Uscita (AC)	
Potenza nominale	4532.0 kVA
Potenza massima (datasheet)	5060.0 kVA
Potenza nominale (datasheet)	4400.0 kVA
Tensione in uscita	630 V
Frequenza in uscita	50 Hz

Tabella 7-2 – Caratteristiche di inverter centralizzato

Di seguito si riporta una tabella con evidenziato il numero e la taglia degli inverter utilizzati ed i relativi valori di rapporto DC/AC (potenza ingresso/uscita).

Inverter	Quantità	Ingressi DC	Potenza DC	Rapporto DC/AC
SG4400UD (4532 kWac)	1	2 Quadro di stringa da 9 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 3 Quadro di stringa da 15 stringhe 14 Quadro di stringa da 16 stringhe	5900 kW	1.302
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 1 Quadro di stringa da 15 stringhe 4 Quadro di stringa da 13 stringhe 10 Quadro di stringa da 16 stringhe	4684 kW	1.034
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 3 Quadro di stringa da 13 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 2 Quadro di stringa da 15 stringhe 9 Quadro di stringa da 16 stringhe	4684 kW	1.034
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 2 Quadro di stringa da 15 stringhe 1 Quadro di stringa da 8 stringhe 1 Quadro di stringa da 13 stringhe 11 Quadro di stringa da 16 stringhe	4684 kW	1.034
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 14 stringhe 1 Quadro di stringa da 11 stringhe 2 Quadro di stringa da 15 stringhe 3 Quadro di stringa da 13 stringhe 9 Quadro di stringa da 16 stringhe	4665 kW	1.029
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 9 stringhe 1 Quadro di stringa da 8 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 12 Quadro di stringa da 16 stringhe 1 Quadro di stringa da 15 stringhe	4665 kW	1.029
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 9 stringhe 1 Quadro di stringa da 10 stringhe 10 Quadro di stringa da 16 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 3 Quadro di stringa da 15 stringhe	4665 kW	1.029
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 13 stringhe 1 Quadro di stringa da 10 stringhe 1 Quadro di stringa da 11 stringhe 4 Quadro di stringa da 15 stringhe 9 Quadro di stringa da 16 stringhe	4665 kW	1.029

SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 10 stringhe 2 Quadro di stringa da 9 stringhe 13 Quadro di stringa da 16 stringhe	4626 kW	1.021
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 1 Quadro di stringa da 11 stringhe 1 Quadro di stringa da 10 stringhe 1 Quadro di stringa da 13 stringhe 2 Quadro di stringa da 15 stringhe 10 Quadro di stringa da 16 stringhe	4626 kW	1.021
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 1 Quadro di stringa da 9 stringhe 1 Quadro di stringa da 10 stringhe 1 Quadro di stringa da 15 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 11 Quadro di stringa da 16 stringhe	4626 kW	1.021
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 2 Quadro di stringa da 8 stringhe 1 Quadro di stringa da 15 stringhe 12 Quadro di stringa da 16 stringhe	4606 kW	1.016
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 11 stringhe 14 Quadro di stringa da 16 stringhe	4606 kW	1.016
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 8 stringhe 1 Quadro di stringa da 9 stringhe 7 Quadro di stringa da 15 stringhe 7 Quadro di stringa da 16 stringhe	4586 kW	1.012
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 2 Quadro di stringa da 8 stringhe 2 Quadro di stringa da 15 stringhe 11 Quadro di stringa da 16 stringhe	4586 kW	1.012
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 14 stringhe 1 Quadro di stringa da 10 stringhe 12 Quadro di stringa da 16 stringhe 2 Quadro di stringa da 9 stringhe	4586 kW	1.012
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 14 stringhe 2 Quadro di stringa da 8 stringhe 2 Quadro di stringa da 15 stringhe 10 Quadro di stringa da 16 stringhe 1 Quadro di stringa da 13 stringhe	4567 kW	1.008
SG4400UD (4532 kWac)	1	1 Quadro di stringa da 12 stringhe 2 Quadro di stringa da 8 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 1 Quadro di	4567 kW	1.008

			stringa da 15 stringhe 11 Quadro di stringa da 16 stringhe		
SG4400UD (4532 kWac)	1		1 Quadro di stringa da 13 stringhe 1 Quadro di stringa da 12 stringhe 2 Quadro di stringa da 8 stringhe 12 Quadro di stringa da 16 stringhe	4567 kW	1.008
SG4400UD (4532 kWac)	1		1 Quadro di stringa da 10 stringhe 1 Quadro di stringa da 7 stringhe 1 Quadro di stringa da 11 stringhe 1 Quadro di stringa da 14 stringhe 1 Quadro di stringa da 15 stringhe 11 Quadro di stringa da 16 stringhe	4567 kW	1.008

Tabella 7-3 – Distribuzione potenza Inverter

7.3 STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli solari PV saranno montati su inseguitori solari monoassiali orientati Nord-Sud, integrati su strutture metalliche che combinano parti di acciaio zincato con parti in alluminio, formando una struttura fissa a terra. Un esempio di un inseguitore monoassiale è mostrato nella figura seguente.



Figura 7-2 – Esempio di inseguitore monoassiale

Gli inseguitori monoassiali sono stati progettati per ridurre al minimo l'angolo d'incidenza tra i raggi solari e la superficie del pannello fotovoltaico. Il sistema di monitoraggio è costituito da un dispositivo elettronico in grado di seguire il sole durante il giorno. Le principali caratteristiche del sistema di localizzazione sono riassunte nella Tabella che segue.

Caratteristiche dell'inseguitore monoassiale	
Modello	NX Gemini
Produttore	Nextracker
Tecnologia	Single-row
Configurazione	2V (Verticale)
Range angolo d'inseguimento	+50 / -50 °
Altezza minima dal suolo	2.1 m
Progettato per moduli	BIFACIAL
Distanza addizionale per il motore	500.0 mm
Distanza addizionale per asse di rotazione	152.0 mm
Distanza tra i moduli in direzione assiale	5.0 mm
Distanza tra i moduli in direzione pitch	0.0 mm

Tabella 7-4 – Principali caratteristiche dell'inseguitore monoassiale

Il numero di inseguitori monoassiali installati è riassunto nella seguente Tabella.

Stringhe per struttura	Moduli per struttura	Lunghezza	Quantità
1	112	73.74 m	992
2	28	18.81 m	290
3	84	55.43 m	116
4	56	37.12 m	88

Tabella 7-5 – Numero di inseguitori monoassiali installati

7.4 QUADRI DI STRINGA

I quadri di stringa raccolgono l'energia generata dal array DC, collegando in parallelo le stringhe all'inverter e fornendo protezione elettrica per il campo fotovoltaico. Per far corrispondere il numero di ingressi dell'inverter, diverse stringhe in parallelo saranno concentrate in modo da funzionare come un unico circuito.

Le scatole di derivazione devono essere installate con un fusibile per stringa per proteggere ogni array. Verranno installati scaricatori di sovratensione in DC ed un interruttore DC verrà posizionato nella linea di uscita. Inoltre, è possibile installare un sistema di comunicazione per monitorare la corrente e la tensione della stringa.

I quadri di stringa saranno installati in una posizione ombreggiata e saranno facilmente accessibili per facilitare le lavori di manutenzione. Saranno posizionati dietro i moduli fotovoltaici e, se possibile, utilizzando i pali di strutture esistenti, in modo che rimangano ombreggiati e protetti da danni causati dalla pioggia o da altri fenomeni atmosferici.

Nella Tabella che segue sono riportate le principali caratteristiche dei quadri di stringa.

Quadro di stringa	Quantità	Ingressi	Potenza	Corrente del fusibile	Corrente del sezionatore	Scaricatore
1	218	16 stringhe	313.6 kW	30 A	400 A	Si
2	35	15 stringhe	294.0 kW	30 A	400 A	Si
3	15	13 stringhe	254.8 kW	30 A	400 A	Si
4	13	8 stringhe	156.8 kW	30 A	400 A	Si
5	10	14 stringhe	274.4 kW	30 A	400 A	Si
6	10	9 stringhe	176.4 kW	30 A	400 A	Si
7	9	12 stringhe	235.2 kW	30 A	400 A	Si
8	7	10 stringhe	196.0 kW	30 A	400 A	Si
9	5	11 stringhe	215.6 kW	30 A	400 A	Si
10	1	7 stringhe	137.2 kW	30 A	400 A	Si

Tabella 7-6 – Principali caratteristiche dei quadri di stringa

7.5 TRASFORMATORE

Il trasformatore di potenza aumenta la tensione in uscita AC dell'inverter per ottenere una maggiore efficienza di trasmissione nelle linee elettriche dell'impianto fotovoltaico.

Si mostrano di seguito le caratteristiche principali del trasformatore di potenza, per Stazione di trasformazione e conversione mod. Proteus PV Station "Sungrow SG4400UD-MV".

Caratteristiche del trasformatore di potenza	
Potenza nominale	4.400 kVA
Potenza a 40°	4.532 kVA
Rapporto di trasformazione	0.63/36.0 kV
Sistema di raffreddamento	ONAN/ONAF
Commutatore	±2x2.5%
Corto circuito (Xcc)	8%

Tabella 7-7 – Principali caratteristiche del trasformatore BT/AT

7.6 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE BT/AT

Le stazioni di trasformazione AT/BT sono piattaforme all'esterno.

La soluzione skid è una sottostazione compatta plug-in prefabbricata, progettata per elevare l'energia dagli impianti fotovoltaici alle sottostazioni elevatrici. È dotata di componenti di distribuzione dell'energia: Quadro elettrico di alta tensione (36 kV), Trasformatore in olio (BT/AT 0.63/36kV), quadro BT (630V) e cabinato ausiliari.

La tensione dell'energia raccolta dal campo solare viene innalzata da bassa ad alta, allo scopo di facilitare l'evacuazione dell'energia generata.

La stazione di trasformazione deve essere fornita con interruttori di alta tensione che includano un'unità di protezione del trasformatore, un'unità di alimentazione diretta in ingresso, un'unità di alimentazione diretta in uscita e le piastre elettriche.

Di seguito si riportano le caratteristiche e le configurazioni in base al campo DC.

Caratteristiche comuni della Stazione AT/BT	
Rapporto di trasformazione	0.63/36kV
Sistema di raffreddamento	ONAN/ONAF
Commutatore	±2X2.5%
Tipo	Outdoor

Tabella 7-8 – Caratteristiche comuni delle stazioni di trasformazione BT/AT

Stazione AT/BT	Quantità	Num. Inverter	Configurazione trasformatori	Cortocircuito (Zcc)
1	20	1(4.532 MVA)	1 trasformatore a due avvolgimenti da 4.532 MVA	0.080

Tabella 7-9 – Stazioni di trasformazione BT/AT in base alla configurazione AC

Stazione AT/BT	Quantità	Num. Inverter	Potenza AC	Potenza DC	DC/AC
1	1	1	4.532 MW	5.9 MW	1.302
2	1	1	4.532 MW	4.684 MW	1.034

3	1	1	4.532 MW	4.684 MW	1.034
4	1	1	4.532 MW	4.684 MW	1.034
5	1	1	4.532 MW	4.665 MW	1.029
6	1	1	4.532 MW	4.665 MW	1.029
7	1	1	4.532 MW	4.665 MW	1.029
8	1	1	4.532 MW	4.665 MW	1.029
9	1	1	4.532 MW	4.626 MW	1.021
10	1	1	4.532 MW	4.626 MW	1.021
11	1	1	4.532 MW	4.626 MW	1.021
12	1	1	4.532 MW	4.606 MW	1.016
13	1	1	4.532 MW	4.606 MW	1.016
14	1	1	4.532 MW	4.586 MW	1.012
15	1	1	4.532 MW	4.586 MW	1.012
16	1	1	4.532 MW	4.586 MW	1.012
17	1	1	4.532 MW	4.567 MW	1.008
18	1	1	4.532 MW	4.567 MW	1.008
\	1	1	4.532 MW	4.567 MW	1.008
20	1	1	4.532 MW	4.567 MW	1.008

Tabella 7-10 – Stazioni di trasformazione BT/AT in base al campo DC

8 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.

8.1 OPERE CIVILI

I parametri considerati per le opere civili necessarie alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico sono riportati nella Tabella seguente.

Opere civili	
Distanza tra le file (pitch)	10.5 m
Larghezza della strada	4.0 m
Sezione massima delle trincee BT	0.8 m2
Sezione massima delle trincee AT	1.12 m2

Tabella 8-1 – Opere civili

Opera propedeutica alla costruzione di ciascun impianto è la realizzazione di una recinzione perimetrale (10.771,3m) 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 viva 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.

8.2 IMPIANTO DI TERRA ED EQUIPOTENZIALE

Si provvederà alla posa diretta interrata di una corda di rame nudo della sezione minima pari a 50 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 AT, collegato ad anello, anch’esso realizzato tramite corda di rame nudo di sezione minima pari a 35 mmq.

8.3 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Sarà previsto un u impianto, di illuminazione e videosorveglianza insieme, da realizzare in prossimità dell’area di accesso al campo, in prossimità della cabina d’interfaccia e delle stazioni in skid.

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.

Su ciascun palo si provvederà all’installazione di un corpo illuminante a LED di potenza 25W che sviluppa un flusso luminoso pari a 3204 lm con grado di protezione adeguato alla posa all’aperto.

8.4 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

Il sistema di sicurezza sarà realizzato all’interno del campo dove saranno posizionate in modo strategico le telecamere al fine di garantire una corretta copertura delle aree relative agli accessi e alle stazioni elettriche.

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. Tutte le telecamere saranno dotate di sensore di movimento in modo che si eviti un elevato flusso di segnale da gestire dalla centrale.

8.5 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.

8.6 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 (Terna) 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 RTN oppure disconnettere l'impianto in caso di necessità.

9 ELETTRODOTTO E OPERE DI CONNESSIONE

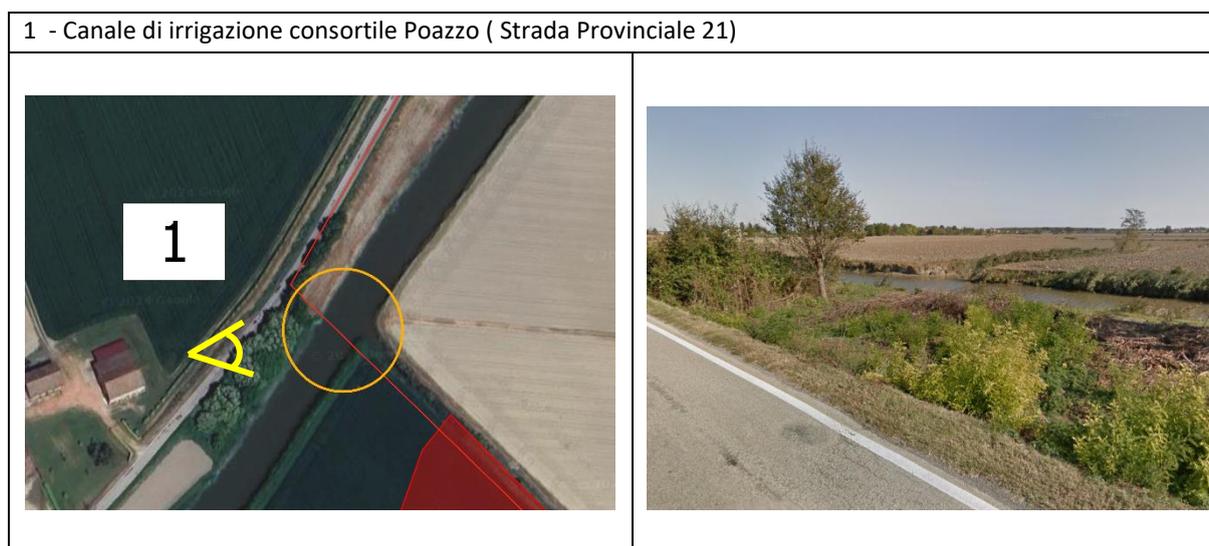
Con il termine di elettrodotto ci si riferisce alla linea elettrica in cavo di sezione pari a 500mmq alla tensione nominale di esercizio di 36 kV che collega l'impianto alla nuova stazione elettrica SE.

L'elettrodotto sarà realizzato interamente nel sottosuolo, i cavi di alta tensione saranno direttamente posati all'interno della trincea scavata. I cavi saranno posati su un letto di sabbia e ricoperto dello stesso materiale (fine) a partire dal suo bordo superiore. Il successivo riempimento dello scavo sarà effettuato con modalità differenti a seconda del tratto di strada interessata e secondo gli standard realizzativi prescritti dal Distributore di rete.

Nel caso si dovrà procedere al taglio della sezione stradale, lo scavo andrà riempito con magrone dosato con 70kg di calcestruzzo per mc. Si procederà quindi con la posa di uno strato di calcestruzzo Rck 250 e con il ripristino del tappetino bituminoso previa fresatura dei fianchi superiori dello scavo, per una larghezza complessiva pari a 3L, essendo L la larghezza dello scavo, così come da prescrizioni della Provincia, settore viabilità.

Solo nel caso di attraversamento della sede stradale, e solo per il tratto interessato, i cavi saranno posati all'interno di apposite tubazioni in polietilene doppia parete ad elevata resistenza meccanica (450 o 750 N), questo al fine di garantirne la successiva sfilabilità senza dover incidere sulla superficie stradale. Dove lo scavo non interesserà la sede stradale, invece, si potrà procedere al riempimento con terreno adeguatamente compattato con mezzi meccanici. In corrispondenza dei cavi, immediatamente sopra ad una distanza di circa 30 cm, si provvederà alla posa di un nastro segnalatore che indichi la presenza dell'elettrodotto in caso di manutenzione stradale o di altro tipo di intervento.

All'interno del percorso di connessione alla Stazione Elettrica SE sono state individuate 12 aree di interferenza, riportate nelle figure sotto.



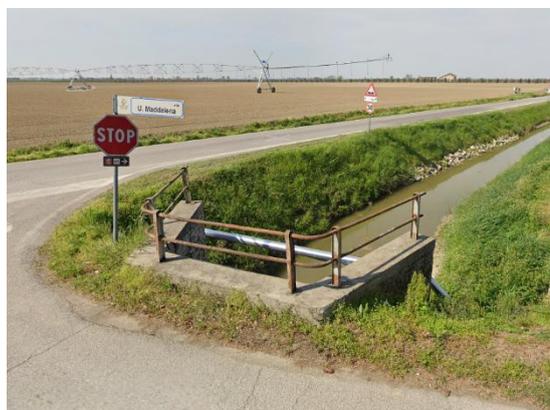
2 - Via Torquato Tasso - Canale di irrigazione consortile Saline



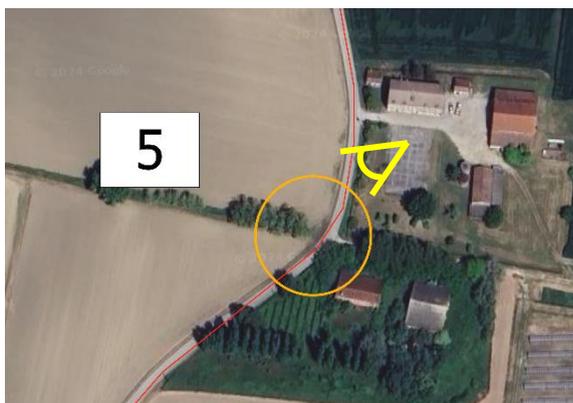
3 - Via Torquato Tasso – Cavo Maestro del Bacino Superiore



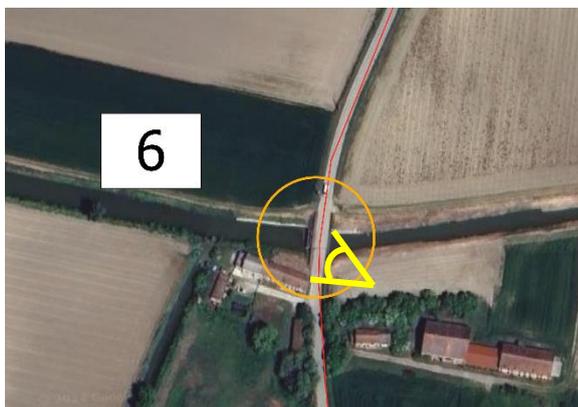
4 - Via Umberto Maddalena – Canale di irrigazione consortile Barbazza



5 - Via Umberto Maddalena – Canale di scolo



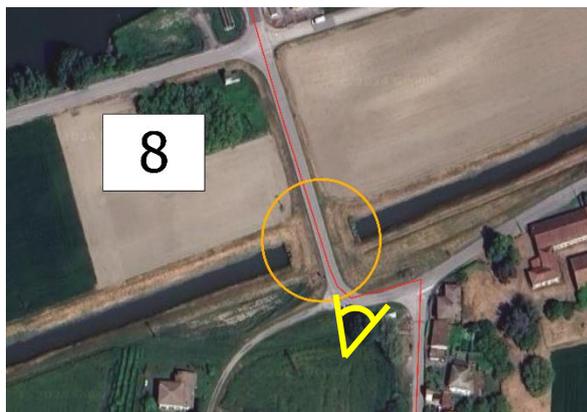
6 - Via Umberto Maddalena – Canale di irrigazione consortile Selvatiche



7 - Via Umberto Maddalena – Canale di irrigazione consortile Esterno di Pincara



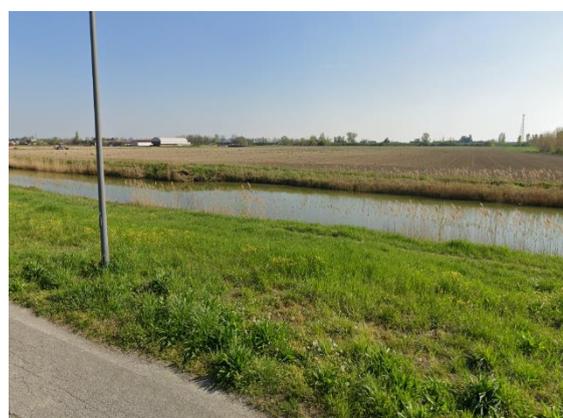
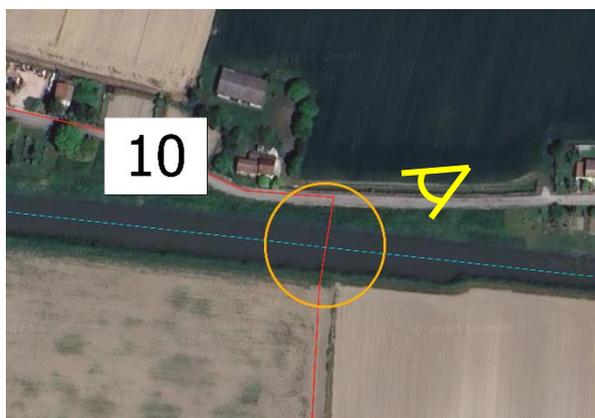
8 – Strada Provinciale 22 – Canale di irrigazione consortile Adduttore Bussari



9 – Strada Provinciale 22 – Fiume Canalbianco



10 – Canale consortile (via Condotti) Scolo Valdestro Esterno II



11 – Canale di irrigazione consortile Borsea



12 – Strada Statale434

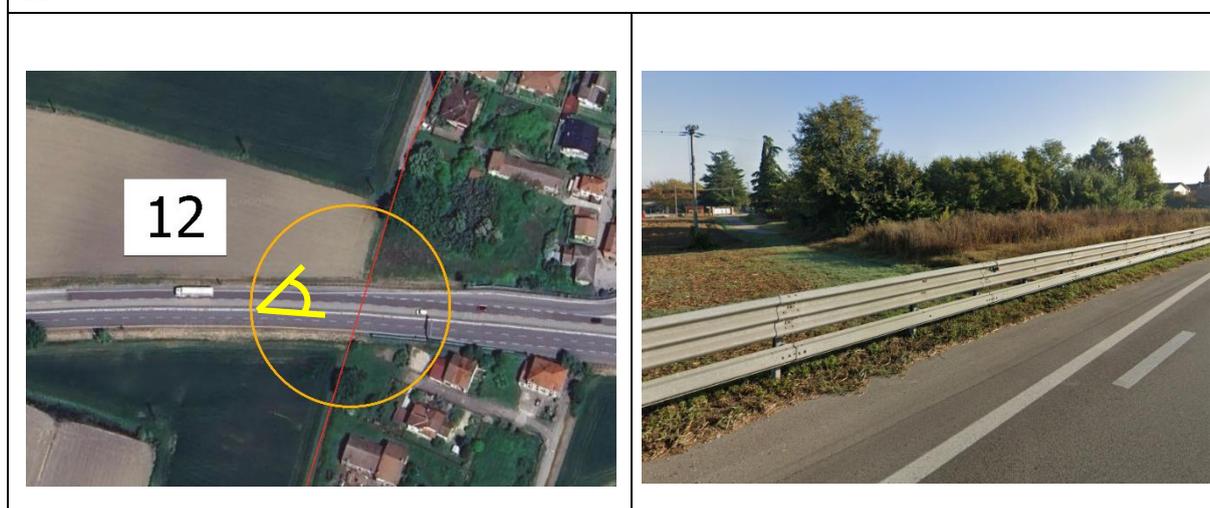


Figura 9-1 – Area interferenza

Per tutti gli attraversamenti con canali gestiti dal Consorzio di Bonifica Adige Po e per i due corsi idrici della rete principale (Collettore Padano Polesano e Canale Tartaro) si prevede di eseguire i passanti con soluzione T.O.C (trivellazione orizzontale controllata), quindi per le interferenze 1,2,4,5,6,7,8,10, 11 (canali consortili) e 3 e 9 (rete principale).

Per tutti gli attraversamenti dei canali la soluzione T.O.C. verrà realizzata fuori sagoma rispetto alla proiezione del ponte esistente, al fine di non compromettere le fondazioni e di consentire eventuali operazioni di manutenzione/ripristino in caso di necessità.

Anche per l'attraversamento della Strada Statale 434 si seguirà la soluzione T.O.C., andando in profondità tale per cui non si vada ad intaccare la fondazione stradale e la rete dei sottoservizi.

Si riporta a seguito una figura esemplificativa della T.O.C.

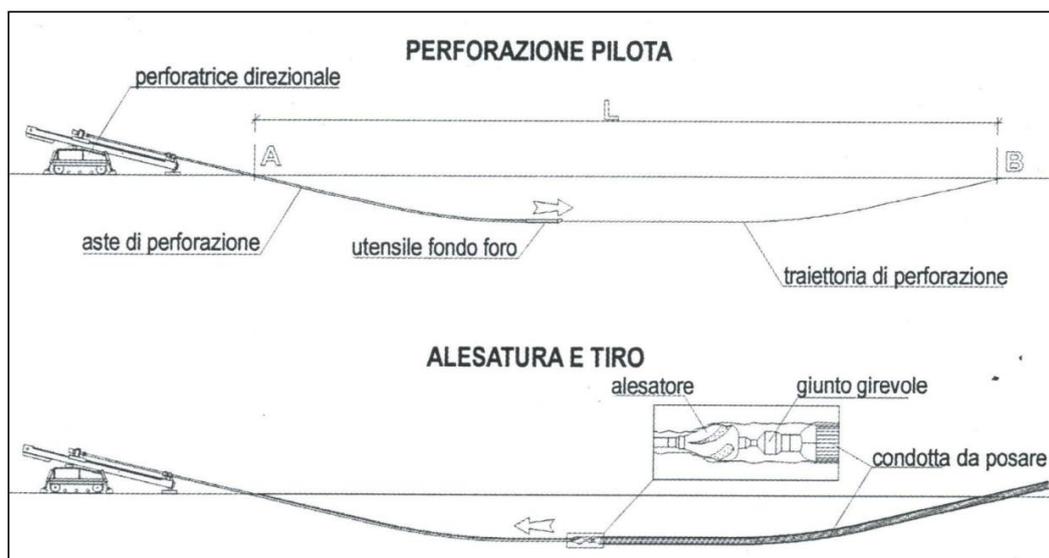


Figura 9-2 – Esempio perforazione pilotata in T.O.C.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell'impianto AGRFV alla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.