

MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA
VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI



COMUNE DI VILLACIDRO
Provincia SU

TITOLO
TITLE

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU PENSILINA SITO NEL
COMUNE DI VILLACIDRO (SU) PER UNA POTENZA TOTALE DI 51 MW

PROGETTAZIONE
ENGINEERING

Ing. Giuliano Giuseppe Medici
Ing. Arch. Valeria Medici
Ing. Arch. Elisa Defraia

COMMITTENTE
CLIENT

SHARDANA ENERGETICA SRL

OGGETTO
OBJECT

DISCIPLINARE TECNICO PRESTAZIONALE_VIA

SCALA / SCALE

DATA / DATE

NOVEMBRE 2021

REL

J

COMUNE DI VILLACIDRO (SU)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU PENSILINE

AD ORIENTAMENTO MONOASSIALE

POTENZA 51 MWe

IMPIANTO NON A TERRA IN BASE AL DM 4 LUGLIO 2019

ART.2 LETTERA C)

DISCIPLINARE TECNICO - PRESTAZIONALE

Dott. Ing. Giuliano G. Medici

Dott. Ing. Arch. Valeria Medici

Dott. Ing. Arch. Elisa Defraia

Novembre 2021

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI | 3 |
| 1.1 GENERALITÀ | 3 |
| 1.2 LAYOUT D'IMPIANTO | 3 |
| 2. CARATTERISTICHE TECNICHE | 5 |
| 2.1 MODULI FOTOVOLTAICI | 5 |
| 2.2 CONVERTITORI DI POTENZA | 5 |
| 2.3 TRASFORMATORE | 5 |
| 2.4 STRUTTURE DI SUPPORTO | 6 |
| 2.5 CAVI E QUADRI DI CAMPO | 7 |
| 2.5.1 CAVI | 7 |
| 2.5.2 QUADRO DI PARALLELO STRINGA (SMART STRING BOX) | 8 |
| 2.6 QUADRO MT | 8 |
| 2.7 CORRENTI CIRCOLANTI NELL'IMPIANTO | 9 |
| 2.8 SISTEMI AUSILIARI | 9 |
| 2.8.1 SORVEGLIANZA | 9 |
| 2.8.2 ILLUMINAZIONE | 9 |
| 3 SICUREZZA ELETTRICA | 10 |
| 3.1 PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI | 10 |
| 3.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI | 10 |
| 3.3 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI | 10 |
| 4 COLLEGAMENTO ALLA RETE TRASMISSIONE NAZIONALE | 12 |
| 4.1 DISPOSITIVO GENERALE | 12 |
| 4.2 DISPOSITIVI DI INTERFACCIA E COLLEGAMENTO ALLA RETE | 12 |
| 4.3 DISPOSITIVO DEL GENERATORE | 13 |
| 4.4 GRUPPI DI MISURA | 13 |
| 5. SCHEMA DI COLLEGAMENTO | 14 |
| 6 OPERE CIVILI | 15 |
| 6.1 STRUTTURE DI SUPPORTO DEI MODULI | 15 |
| 6.2 CABINE ELETTRICHE | 15 |
| 7 GESTIONE IMPIANTO | 17 |
| 8 CARATTERISTICHE DEI COLLEGAMENTI BT/MT | 18 |
| 8.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 18 |
| 8.2 GIUNZIONI, TERMINAZIONI ED ATTESTAZIONI | 18 |
| 8.2.1 GIUNZIONE CAVI BT e MT | 18 |
| 8.2.2 TERMINAZIONE ED ATTESTAZIONE CAVI BT e MT | 18 |
| 8.3 MODALITÀ DI POSA | 19 |
| 8.3.1 GENERALITÀ | 19 |
| 8.3.2 MODALITÀ DI POSA DEI CAVI BT e MT | 20 |
| 9. PIANO PRELIMINARE DI UTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ESCLUSE DALLA DISCIPLINA DEI RIFIUTI | 21 |
| 9.1 REALIZZAZIONE SCAVI PER CAVIDOTTI | 21 |
| 10 PROFILI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI | 23 |
| 10.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE | 23 |
| 10.1.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE | 23 |

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

1.1 GENERALITÀ

Il presente disciplinare tecnico ha per oggetto l'esecuzione di tutte le opere e forniture necessarie per la realizzazione dei lavori di costruzione di un impianto fotovoltaico non a terra (su pensiline) ad orientamento monoassiale per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile della potenza di 51 MW in un terreno agricolo sito nel comune di Villacidro (SU), in località Giana. La proprietà interessata dall'intervento si estende su una superficie totale di circa 920'000 m².

L'esecuzione dei lavori è sempre e comunque effettuata secondo le regole dell'arte e l'appaltatore deve conformarsi alla massima diligenza nell'adempimento dei propri obblighi.

L'intervento prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico avente struttura portante in profilati metallici infissi nel terreno aventi altezza fuori terra pari a 2,80 m. Le strutture sono disposte secondo file parallele con inclinazione variabile rivolte a sud poste ad una distanza tra loro (interasse) di 4,50 m.

Tutti gli impianti saranno realizzati mediante reti interrate (cavidotti in bassa e media tensione). Le recinzioni saranno realizzate con paletti e rete metallici infissi nel terreno mediante battipalo. Nell'appalto sono compresi tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste necessarie per dare il lavoro completamente compiuto e secondo le prescrizioni contenute nel presente disciplinare prestazionale, con le caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste dal progetto definitivo con i relativi allegati.

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

| POS. | DESCRIZIONE |
|------|--|
| | Forniture |
| 1 | n. 76'125 Moduli fotovoltaici da 670 Wp |
| 2 | n. 10 Inverter (ciascuno composto da 4 unità di potenza variabile da 1000 a 1500 kW). |
| 3 | n. 2'927 strutture metalliche costituite da profilati preassemblati avente la struttura predisposta per il posizionamento di n° 28 -21 -14 moduli fotovoltaici ciascuno. |
| 4 | n. 10 Cabine BT/MT monoblocco in pannelli sandwich in lamiera grecata con interposto coibente con quadri BT, MT, protezioni, trasformatori BT/MTr e relativi cablaggi e connessioni. |
| 5 | n. 1 Sistema di monitoraggio da remoto dotato di sensori di temperatura ed irraggiamento. |
| 6 | n. 1- Sistema antifurto e di videosorveglianza perimetrale. |
| 7 | Cavi, connettori, tubazioni, canaline, cavidotti, corde in rame ed accessori di montaggio. |
| 8 | Zavorre in blocchi cavi di conglomerato di cemento vibro compresso con inerti speciali. |

| | |
|----|---|
| 9 | Arbusti autoctoni idonei alla formazione di siepi per la schermatura visiva (mitigazione). |
| | Opere elettromeccaniche. |
| 10 | Montaggio delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, complete di passerelle portacavi, zavorre e sistema di collegamento equipotenziale. |
| 11 | Montaggio e cablaggio dei moduli fotovoltaici. Montaggio e cablaggio dei quadri di parallelo C.C. Allestimento e cablaggio delle cabine di trasformazione e consegna. |
| 12 | Posa dei cavidotti e delle canaline. Posa dei cavi di energia e collegamenti elettrici. Posa della rete di terra. Posa del sistema antifurto e di videosorveglianza. Realizzazione delle opere di connessione alla rete ENEL. |
| | Opere civili |
| 13 | Apertura e ripiegamento cantiere con delimitazione degli spazi e segnali secondo norme legislative e Piano della Sicurezza. Realizzazione piani di posa cabine prefabbricate in conglomerato cementizio. Posa delle cabine BT/MT. Scavi non armati per tubazioni e collettori. |
| | Collaudi |
| 14 | Prove di accettazione dei componenti. Assistenza alle verifiche in cantiere. |
| | Opere di mitigazione ambientale |
| 15 | Messa a dimora di arbusti autoctoni di produzione vivaistica, in buche appositamente predisposte, lungo il perimetro della recinzione. |

Sono inoltre previsti:

- aree di stoccaggio materiali posizionate in diversi punti del parco, le cui caratteristiche (dimensioni, localizzazione, accessi, etc) verranno decise in fase di progettazione esecutiva.

2. CARATTERISTICHE TECNICHE

2.1 MODULI FOTOVOLTAICI

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo fotovoltaico composto da celle fotovoltaiche in silicio multicristallino ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 670 Wp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 76'125 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 51 MWp.

2.2 CONVERTITORI DI POTENZA

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante convertitori statici trifase (inverter), alloggiati nei pressi delle 10 cabine di trasformazione.

2.3 TRASFORMATORE

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 6000 KVA a singolo secondario ed avranno una tensione al primario di 20kV, mentre al secondario di 270V.

Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione e presentano le seguenti caratteristiche:

- frequenza nominale 50 Hz;
- campo di regolazione tensione maggiore +/-2x2,5%;
- livello di isolamento primario 1,1/3 V;
- livello di isolamento secondario 24/50/95;
- simbolo di collegamento Dyn 11;
- collegamento primario stella+neutro;
- collegamento secondario triangolo;
- classe ambientale E2;
- classe climatica C2;
- comportamento al fuoco F1;
- classe di isolamento primarie e secondarie F/F;
- temperatura ambiente max. 40 °C;
- sovratemperatura avvolgimenti primari e secondari 100/100 K;
- installazione interna;
- tipo raffreddamento aria naturale;
- altitudine sul livello del mare ≤1000m;
- impedenza di corto circuito a 75°C 6%;
- livello scariche parziali ≤ 10 pC.

2.4 STRUTTURE DI SUPPORTO

Per quanto riguarda la sistemazione e l'ancoraggio dei moduli costituenti il generatore fotovoltaico, è previsto l'utilizzo di un sistema di supporto modulare, sviluppato al fine di ottenere un'alta integrazione estetica ad elevata facilità di impiego e di montaggio dei moduli fotovoltaici incorniciati, realizzati in profilati di alluminio e bulloneria in acciaio.

Le strutture di sostegno ipotizzate hanno la caratteristica di poter essere infisse nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in CLS, compatibilmente alle caratteristiche geotecniche del terreno e alle prove penetrometriche che verranno effettuate in fase esecutiva; inoltre, come certificato dal costruttore, le strutture sono in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve e altri carichi accidentali. Il supporto del pannello è costituito da un unico piede alto circa 2,80 metri, come da elaborato grafico tav. 5.

Le strutture che sostengono i moduli fotovoltaici verranno posizionate in file contigue, compatibilmente con le caratteristiche plano altimetriche puntuali del terreno; la distanza tra le file è stata valutata, al fine di evitare mutui ombreggiamenti tra i moduli, di circa 4,50 m agli assi.

Le strutture di supporto dei moduli rispettano le disposizioni prescritte dalle Norme CNR-UNI, circolari ministeriali, etc. riguardanti le azioni dei fenomeni atmosferici, e le Norme vigenti riguardanti le sollecitazioni sismiche.

Logistica

- Alto grado di prefabbricazione
- Montaggio facile e veloce
- Componenti del sistema perfettamente integrati

Materiali

- Materiale interamente metallico (alluminio/inossidabile) con notevole aspettativa di durata
- Materiali altamente riciclabili
- Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata

Costruzione

- Nessun tipo di fondazioni per la struttura;
- Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice
- Possibilità di regolazione per terreni accidentati
- Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine

Calcoli statici

- Forza di impatto del vento calcolata sulla base delle più recenti e aggiornate conoscenze scientifiche e di innovazione tecnologiche
- Traverse rapportate alle forze di carico
- Ottimizzazione di collegamento fra i vari elementi
- Nell'elaborato specifico vengono riportate pianta, prospetto e sezioni della struttura di supporto.

2.5 CAVI E QUADRI DI CAMPO

2.5.1 CAVI

Per il cablaggio dei moduli e per il collegamento tra le stringhe e i quadri di campo sono previsti conduttori in doppio isolamento o equivalenti appositamente progettati per l'impiego in campi FV per la produzione di energia.

Caratteristiche tecniche:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata dei cavi (Iz) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

Cavo di collegamento dei moduli di stringa $S=6 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 70A

Cavi di collegamento delle string box alle DC Parallel, quest'ultime meccanicamente connesse al SMA (inverter):

A $S=10 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 98

A $S=16 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 132

A $S=25 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 176

A $S=35 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 218

A $S=50 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 276

A $S=70 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 347

A $S=95 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 416

A $S=120 \text{ mm}^2$ Iz (60 C°) = 488

$$A S=150 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 562$$

Altri cavi

- Cavi di media tensione: ARE4H1R 18/30 kV;
- Cavi di potenza AC: FG7OH2R 06/1,5 kV;
- Cavi di alimentazione AC: FG7OR
- Cavi di comando: FG7OR;
- Cavi di segnale: FG7OH2R;
- Cavi di bus: speciale MOD BUS / UTP CAT6 ethernet.

2.5.2 QUADRO DI PARALLELO STRINGA (SMART STRING BOX)

Le stringhe verranno collegate alle cassette di parallelo ubicate su appositi supporti alloggiati sotto le strutture, protetti da agenti atmosferici, e saranno realizzati in policarbonato ignifugo, dotato di guarnizioni a tenuta stagna grado isolamento IP65 cercando di minimizzare le lunghezze dei cavi di connessione.

I suddetti quadri di campo realizzano il sezionamento ed il parallelo delle stringhe dei moduli provenienti dal campo fotovoltaico. All'interno saranno presenti dispositivi di sezionamento, fusibili ed il monitoraggio della corrente per ogni stringa, inoltre è predisposto un modulo per la comunicazione seriali dei dati inerenti.

Esse disporranno al loro interno dell'elettronica necessaria per il cablaggio nonché protezione contro scariche provocate da fulmini e rotture dei moduli stessi. Dalle cassette di derivazione partiranno i cavi di collegamento (rivestiti in pvc o in gomma) fino alla cabina di trasformazione.

Le Protezioni di Sovratensione sono costituite dalla connessione a Y di due SPD (Surge Protective Device) a varistore connessi tra i poli del campo fotovoltaico e una SPD (Surge Protective Device) spinterometrico tra punto comune a terra. L'SPD (Surge Protective Device) è un dispositivo di protezione da sovratensioni di classe II dotato di contatto di telesegnalazione. I dispositivi di protezione sono del tipo a innesto in modo da agevolare la sostituzione degli SPD a seguito di un guasto.

2.6 QUADRO MT

Saranno impiegati scomparti normalizzati di tipo protetto (METAL ENCLOSED), che possono essere affiancati per formare quadri di distribuzione e trasformazione fino a 36kV. Le dimensioni contenute consentono di occupare spazi decisamente ridotti, la modularità permette di sfruttare al massimo gli spazi disponibili. Opportuni dispositivi di interblocco meccanico e blocchi a chiave fra gli apparecchi impediscono errate manovre, garantendo comunque la sicurezza per il personale. Gli scomparti verranno predisposti completi di bandella in piatto di rame interna ed esterna per il collegamento dell'impianto di messa a terra.

2.7 CORRENTI CIRCOLANTI NELL'IMPIANTO

Di seguito si fornisce una tabella riassuntiva delle correnti massime circolanti nelle varie zone dell'impianto per le cabine da 1 MVA (fatta eccezione per quelle ritenute trascurabili).

2.8 SISTEMI AUSILIARI

2.8.1 SORVEGLIANZA

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

2.8.2 ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da 2 sistemi:

- Illuminazione perimetrale
- Illuminazione esterno cabina

In fase di progetto esecutivo potranno essere apportati miglioramenti ai rapporti tra gli illuminamenti minimi e massimi e l'illuminamento medio.

3 SICUREZZA ELETTRICA

3.1 PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI

La protezione contro le sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{cc} t \leq K S,$$

I_b = corrente di impiego del cavo

I_n = corrente nominale dell'interruttore

I_z = portata del cavo

I_{cc} = corrente di cortocircuito

t = tempo di intervento dell'interruttore

K = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo

S = sezione del cavo

3.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

3.3 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

messa a terra delle masse e delle masse estranee;

- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8;
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella I:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

dove:

Z_s : è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea dell'impedenza della sorgente;

I_a : è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la I_a è la corrente differenziale I_n .

U_0 : tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase - terra) in Volt.

| $U_0(V)$ | Tempo di interruzione (s) |
|----------------------------|----------------------------------|
| 120 | 0 |
| 230 | 0 |
| 400 | 0 |
| >400 | 0 |

Tab. 1: Tempi massimi di interruzione per sistemi TN

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantito dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

4 COLLEGAMENTO ALLA RETE TRASMISSIONE NAZIONALE

I criteri e le modalità per la connessione alla RTN saranno conformi a quanto prescritto dalle normative CEI 11-20, CEI 0-16, CEI 82-25 e dalle prescrizioni TERNA (TICA), per clienti produttori dotati di generatori che entrano in parallelo continuativo con la rete elettrica.

L'impianto fotovoltaico, mediante un cavidotto interrato uscente dalla cabina d'impianto alla tensione di 20 kV, sarà collegato alla sottostazione elettrica che sorgerà sul campo limitrofo. L'impianto risulta equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su tre livelli: dispositivo generale; dispositivo di interfaccia; dispositivo del generatore. Al dispositivo generale + interfaccia non può essere infatti associata anche la funzione di dispositivo di generatore (in pratica fra la generazione e la rete TERNA saranno sempre presenti interruttori in serie tra loro).

4.1 DISPOSITIVO GENERALE

Il dispositivo generale sarà costituito da un interruttore in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura oppure interruttore con sganciatore di apertura e sezionatore da installare a valle del trasformatore di utenza.

4.2 DISPOSITIVI DI INTERFACCIA E COLLEGAMENTO ALLA RETE

Il dispositivo di interfaccia (DI) determina la sconnessione dell'impianto di generazione in caso di mancanza di tensione sulla rete di trasmissione nazionale.

La protezione di interfaccia, agendo sull'omonimo dispositivo, sconnette l'impianto di produzione dalla rete TERNA evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione TERNA, il Cliente Produttore possa alimentare la rete TERNA stessa;
- in caso di guasto sulla rete TERNA, il Cliente Produttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso inficiando l'efficacia delle richiuse automatiche, ovvero che l'impianto di produzione possa alimentare i guasti sulla rete TERNA prolungandone il tempo di estinzione e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza;
- in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori TERNA, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete TERNA con possibilità di rotture meccaniche.

Le protezioni di interfaccia sono costituite essenzialmente da relè di frequenza, di tensione ed, eventualmente, di massima tensione omopolare.

| |
|-------------------------------------|
| PROTEZIONE |
| Massima tensione |
| Minima tensione |
| Massima frequenza |
| Minima frequenza |
| (Massima tensione omopolare V_0) |

Per la sicurezza dell'esercizio della rete di Trasmissione Nazionale è prevista la realizzazione di un rinalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia.

Il rinalzo consiste nel riportare il comando di scatto, emesso dalla protezione di interfaccia, ad un altro organo di manovra. Esso è costituito da un circuito a lancio di tensione, condizionato dalla posizione di chiuso del dispositivo di interfaccia, con temporizzazione ritardata a 0.5 s, che agirà sul dispositivo di protezione lato MT del trasformatore di utenza. Il temporizzatore sarà attivato dal circuito di scatto della protezione di interfaccia. In caso di mancata apertura di uno degli stalli di produzione il Dispositivo di Interfaccia comanda l'apertura del Dispositivo Generale che distacca l'impianto fotovoltaico dalla rete di TERNA, contestualmente a questa situazione tutti i Servizi Ausiliari rimangono alimentati dall'UPS.

4.3 DISPOSITIVO DEL GENERATORE

Il dispositivo del generatore è costituito da (interruttore o contattore) installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione. In condizioni di "aperto", il dispositivo del generatore separa il gruppo dal resto dell'impianto.

4.4 GRUPPI DI MISURA

In un impianto fotovoltaico collegato in parallelo con la rete è necessario misurare:

- L'energia prelevata/immessa in rete;
- L'energia fotovoltaica prodotta.

L'impianto FV in esame avrà i gruppi di misura dell'energia prodotta, entrambi collocati il più vicino possibile all'inverter, concordati anche con il GSE. Il gruppo di misura, ad inserzione indiretta con TA e TV, dell'energia prelevata/immessa in rete sarà ubicato nel locale misure della cabina di consegna a valle del Dispositivo Generale.

I sistemi di misura dell'energia elettrica saranno in grado di rilevare, registrare e trasmettere dati di lettura, per ciascuna ora, dell'energia elettrica immessa/prelevata o prodotta in rete nel punto di installazione del contatore stesso.

I sistemi di misura saranno conformi alle disposizioni dell'Autorità dell'energia elettrica e il gas e alle norme CEI, in particolare saranno dotati di sistemi meccanici di sigillatura che garantiranno manomissioni o alterazioni dei dati di misura.

5. SCHEMA DI COLLEGAMENTO

La configurazione utilizzata per il collegamento dei moduli, compatibile con le caratteristiche dei componenti riassunte nei precedenti paragrafi, è riportata nello schema seguente.

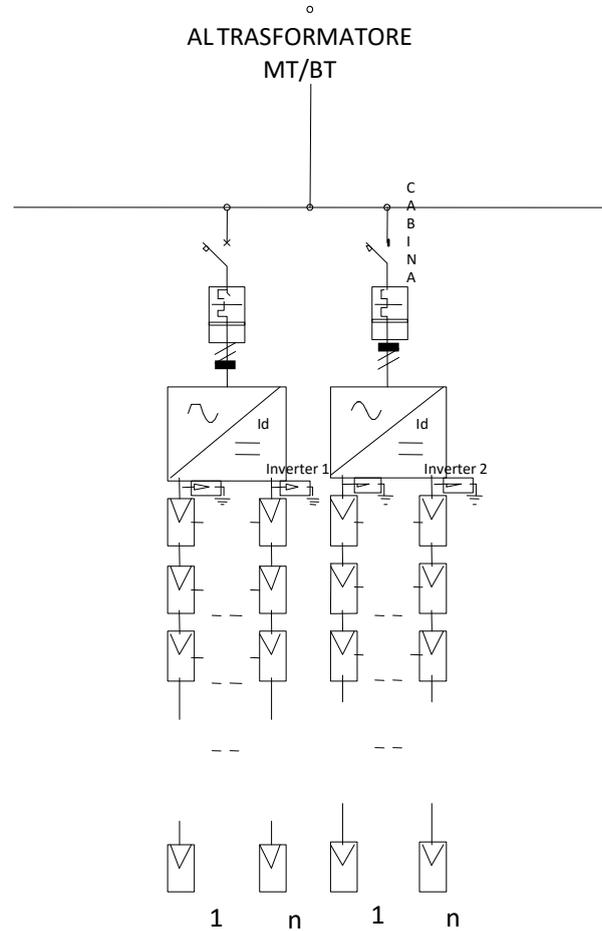


Figura 1: schema unifilare di principio dell'impianto fotovoltaico.

6 OPERE CIVILI

6.1 STRUTTURE DI SUPPORTO DEI MODULI

Le strutture di sostegno ipotizzate hanno la caratteristica di poter essere infisse nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in CLS, compatibilmente alle caratteristiche geotecniche del terreno e alle prove penetrometriche che verranno effettuate in fase esecutiva; inoltre, come certificato dal costruttore, le strutture sono in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve e altri carichi accidentali. Il supporto del pannello è costituito da un unico piede alto 2,45 metri.

6.2 CABINE ELETTRICHE

Le cabine elettriche svolgono la funzione di edifici tecnici adibito a locali per la posa dei quadri, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura.

Esse verranno realizzate con struttura prefabbricata con vasca di fondazione.

Le cabine elettriche di trasformazione, situate all'interno del campo fotovoltaico, saranno composte da tre sezioni e conterranno:

- 1 vano trasformatore MT/BT;
- 1 vano per la protezione lato MT del trasformatore.

L'accesso alla cabina elettrica di trasformazione avviene tramite la viabilità interna.

Le strutture previste saranno prefabbricate in c.a.v. monoblocco. La fondazione sarà costituita da una vasca prefabbricata in c.a.v. predisposta con forature a frattura prestabilita per passaggio cavi MT/BT.

La rifinitura della cabina comprende:

- impermeabilizzazione della copertura con guaina di spessore 4 mm;
- imbiancatura interna con tempera di colore bianco;
- rivestimento esterno con quarzo plastico;
- impianto di illuminazione;
- impianto di terra interno realizzato con piattina in rame 25x2 mm;
- fornitura di 1 kit di Dispositivi di Protezione Individuale;
- porte metalliche di mm 1200x2300 con serratura.

La cabina sarà costituita da 2 locali compartimentali adibiti rispettivamente a locale trasformatore e locale quadri MT.

Il primo locale conterrà il trasformatore BT/MT a singolo secondario ed il locale quadri conterrà la protezione lato MT del trasformatore.

Le pareti esterne del prefabbricato verranno colorate in tinta adeguata, per un miglior inserimento ambientale, salvo diversa prescrizione degli Enti preposti, mentre le porte d'accesso e le finestre di aerazione saranno in lamiera zincata verniciata.

La cabina sarà dotata di un adeguato sistema di ventilazione per prevenire fenomeni di condensa interna e garantire il corretto raffreddamento delle macchine elettriche presenti.

La sicurezza strutturale dei manufatti dovrà essere garantita dal fornitore. I relativi calcoli

strutturali sono stati eseguiti in conformità alla normativa vigente sui manufatti in calcestruzzo armato.

Per la descrizione particolareggiata del manufatto si rimanda all'elaborato specifico cabina di trasformazione: pianta e sezioni.

La cabina di impianto raccoglie tutti i cavi provenienti dalle cabine di trasformazione e convoglia l'energia prodotta dall'impianto, tramite un elettrodotto interrato in media tensione (MT), alla stazione di utenza sita in prossimità del parco fotovoltaico "Monteverdi Energia" da qui immessa sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

La costruzione della cabina verrà realizzata in calcestruzzo armato e sarà posizionata nella zona centrale dell'impianto, come si evince dalla planimetria generale dell'impianto allegata alla presente.

All'interno di essa, oltre alle celle di MT ed al trasformatore MT/BT Ausiliari, vi alloggeranno anche l'UPS, il rack dati, la centralina antintrusione, gli apparati di supporto e controllo dell'impianto di generazione ed il QGBT Ausiliari. Tutti gli edifici suddetti saranno dotati di impianto elettrico realizzato a norma della legge 37/08. L'accesso alle cabine elettriche avviene tramite la viabilità interna.

La sistemazione di tale viabilità (percorsi di passaggio tra le strutture), sarà realizzata in materiale stabilizzato permeabile. La dimensione delle strade è stata scelta per consentire il passaggio di mezzi idonei ad effettuare il montaggio e la manutenzione dell'impianto.

I cavi elettrici BT dell'impianto e i cavi di collegamento MT delle cabine di trasformazione alla cabina di consegna saranno sistemati in appositi cunicoli e cavidotti interrati.

Nessuna nuova viabilità esterna sarà realizzata essendo l'area già servita da infrastrutture viarie, benché le strade adiacenti all'impianto dovranno essere adeguate per consentire il transito di mezzi idonei ad effettuare sia il montaggio che la manutenzione dell'impianto.

Le restanti aree del lotto (aree tra le stringhe e sotto le strutture di supporto) saranno piantumate con erba.

7 GESTIONE IMPIANTO

Il sistema di controllo dell'impianto avverrà tramite due tipologie di controllo: controllo locale e controllo remoto.

- Controllo locale: monitoraggi tramite PC centrale, posto in prossimità dell'impianto, tramite software apposito in grado di monitorare e controllare gli inverter;
- Controllo remoto: gestione a distanza dell'impianto tramite modem GPRS con scheda di rete Data-Logger montata a bordo degli inverter.

Il sistema di controllo con software dedicato, permetterà l'interrogazione in ogni istante dell'impianto, al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati, con la possibilità di visionare le funzioni di stato, comprese le eventuali anomalie di funzionamento.

Le principali grandezze controllate dal sistema saranno:

- Potenze dell'inverter;
- Tensione di campo dell'inverter;
- Corrente di campo dell'inverter;
- Radiazioni solari;
- Temperatura ambiente;
- Velocità del vento;
- Letture dell'energia attiva e reattiva prodotte.

La connessione tra gli inverter e il PC avverrà tramite un box acquisizione (convertitore USB/RS485 MODBUS).

8 CARATTERISTICHE DEI COLLEGAMENTI BT/MT

I conduttori utilizzati nell'impianto in oggetto avranno le seguenti caratteristiche tecniche.

8.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

È richiesta la totale rispondenza alle normative EC 794-1 di seguito elencate:

- E1, E3, E4, E6, E7, E11, F1;
- F5 con riferimento alla possibilità del fornitore, di poter eseguire la prova che dimostri che la penetrazione all'acqua, con 0.1 bar di pressione, sia inferiore ad 1 metro in 14 giorni. Su richiesta del committente, il costruttore deve poter effettuare presso i propri stabilimenti o Istituti riconosciuti, tutti i test sopra prescritti.

8.2 GIUNZIONI, TERMINAZIONI ED ATTESTAZIONI

8.2.1 GIUNZIONE CAVI BT e MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile, si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.

Convenzionalmente si definisce "giunzione" la giunzione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo, pertanto ogni giunzione si intende costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare.

Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo dritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Tutti i materiali occorrenti e le attività di giunzione sono a carico dell'Appaltatore.

Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti.

L'esecuzione delle giunzioni deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici (o consegnate delle schede) per ciascun giunto in modo da poter individuare: l'Appaltatore, l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione. Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante un cippo di segnalazione.

8.2.2 TERMINAZIONE ED ATTESTAZIONE CAVI BT e MT

Tutti i cavi MT posati in impianto dovranno essere terminati da entrambe le estremità.

I terminali adatti ai tipi di cavi adottati verranno forniti in conto lavorazione dalla ditta appaltatrice incaricata dei lavori.

L'esecuzione delle terminazioni deve essere eseguita esclusivamente da personale specializzato

seguito scrupolosamente le istruzioni fornite dalle ditte costruttrici in merito sia alle modalità sia alle attrezzature necessarie.

Convenzionalmente si definiscono “terminazioni” e “attestazioni” la terminazione ed attestazione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, l'Appaltatore deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione completo di relativa bulloneria per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare: Appaltatore, Esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

La maggior parte dei cavi per l'impianto di media tensione a 20 kV saranno in alluminio di tipo unipolare schermati armati quindi oltre alla messa a terra dello schermo sopra detta, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà messa a terra in uno dei seguenti modi:

- tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;
- tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;
- tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra sia dell'armatura che dello schermo deve avere una sezione di 35 mm².

8.3 MODALITA' DI POSA

8.3.1 GENERALITÀ

Tutte le linee elettriche ed in fibra ottica oggetto della presente committenza saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, dove indicato, posati all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato nel documento di progetto.

I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicata nel documento di progetto;
- posa dei conduttori e/o fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento di progetto;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- reinterro con terreno di scavo;

- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Le ulteriori prescrizioni per le opere di tipo civile sono riportate nel capitolato delle opere civili; comunque la posa dovrà essere eseguita a regola d'arte nel rispetto delle normative vigenti.

8.3.2 MODALITÀ DI POSA DEI CAVI BT e MT

I cavi BT e MT dell'impianto saranno allettati direttamente nello strato di sabbia vagliata come descritto nel paragrafo precedente. Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- Tracciato delle linee: Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo, ove possibile, al percorso della recinzione.

9. PIANO PRELIMINARE DI UTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ESCLUSE DALLA DISCIPLINA DEI RIFIUTI

Tra le fasi operative necessarie per la realizzazione/rimozione dei cavidotti, come per tutte le opere lineari interrato, quelle che richiedono movimentazione del terreno e da cui si originano terre e rocce da scavo sono le seguenti:

- apertura/riprofilatura area di passaggio;
- scavo/rinterro della trincea;
- attraversamenti trenchless.

I movimenti terra associati alla costruzione/rimozione delle condotte comporteranno esclusivamente accantonamenti del terreno scavato lungo la pista di lavoro, senza richiedere trasporto e movimenti del materiale longitudinalmente all'asse dell'opera e senza alterarne lo stato. In accordo alla vigente normativa (DPR120/2017), prima dell'inizio dei lavori saranno eseguiti sondaggi e campionamenti dei terreni al fine di verificare le caratteristiche chimiche del materiale che verrà movimentato. Se i campioni risulteranno conformi ai limiti di legge tali terreni scavati e temporaneamente accantonati possono considerarsi esclusi dell'ambito dell'applicazione della disciplina dei rifiuti di cui al Titolo IV del D.lgs. 152/06 e potranno essere riutilizzati, tal quali nel medesimo sito in cui sono stati scavati, per il rinterro delle trincee (art. 24 del DPR 120/2017). In caso contrario, se dai campionamenti emergessero superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla Tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n.152 del 2006 e s.m.i., il materiale scavato verrà gestito come rifiuto in accordo alla normativa vigente (art. 24, comma 6 del DPR 120/2017).

9.1 REALIZZAZIONE SCAVI PER CAVIDOTTI

L'esecuzione dei lavori di posa della condotta richiede preliminarmente la realizzazione di uno scotico del terreno superficiale, per l'apertura della pista di lavoro lungo i tratti nei quali verranno inseriti i cavidotti, che comporterà la produzione di materiale scavato. Il terreno risultante sarà accantonato al margine della pista lavoro stessa e riutilizzato interamente, previo esito positivo dei campionamenti, in fase di ripristino delle aree di lavoro, Successivamente si procederà allo scavo della trincea di posa e al deposito dei materiali di risulta lateralmente allo scavo, evitando il mescolamento con il terreno superficiale, per riutilizzarli totalmente poi in fase di rinterro. Nella seguente figura viene rappresentata, in maniera schematica, la movimentazione di terreno generata dall'apertura dell'area di passaggio e dallo scavo delle trincee per la posa delle nuove linee.

10 PROFILI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

10.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

10.1.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Visto l'impianto fotovoltaico, è stato esaminato come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica quella generata dal tratto di posa del cavo che evacua la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, posta in parallelo, alla distanza di circa 25 cm con una analoga terna di cavi MT che trasporta verso la medesima stazione di utenza, l'intera potenza di un impianto FV non lontano da quello in esame, caratterizzato dalle sezioni riportate nelle seguenti figure.

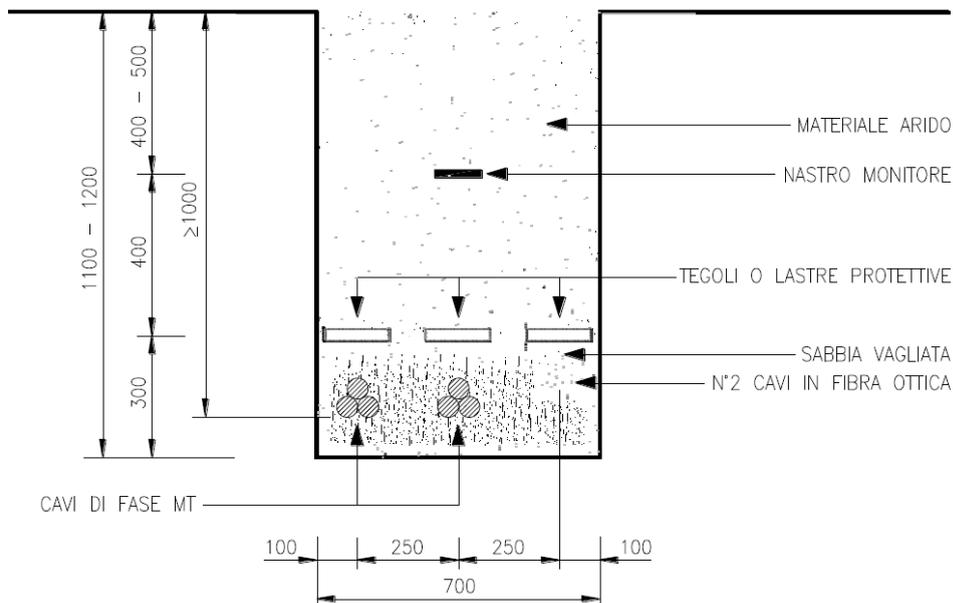


Figura 3: Sezione tipica di posa della linea in cavo.

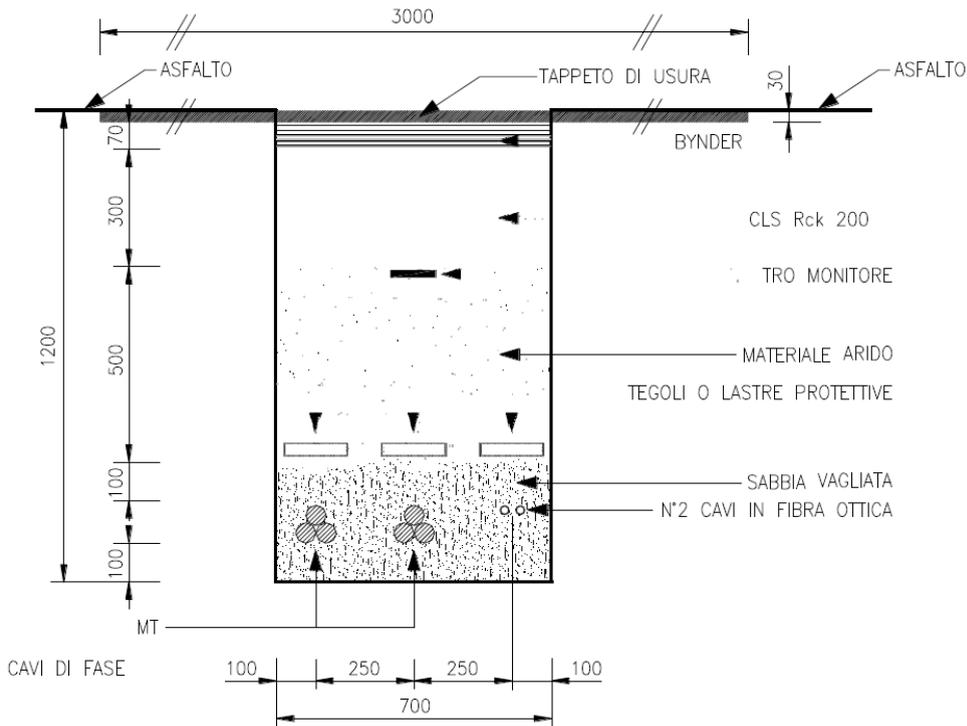


Figura 4: Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 30 kV che trasferiscono l'intera potenza dei due impianti FV verso la stazione di utenza.

Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento della cabina d'impianto al quadro MT della stazione d'utenza, si prevede invece l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 630 mm², posati a trifoglio. La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{20 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 405,4$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 710 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella seguente figura 1 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, relative a due differenti impianti fotovoltaici, nella medesima trincea. Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

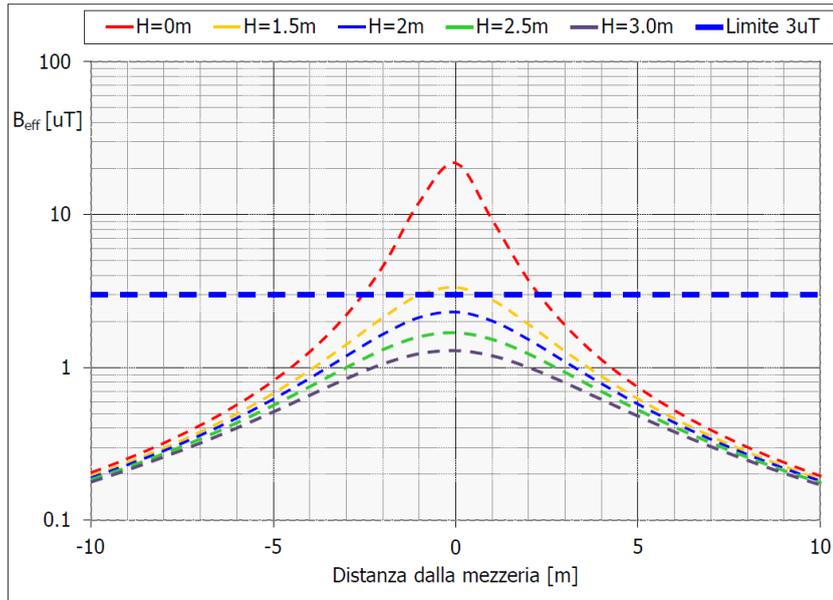


Figura 5: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo.

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto.

E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è pari a 405 A nelle condizioni di massima erogazione, per entrambe le terne. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove per ciascuna delle due terne si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 405 A. In tal caso il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

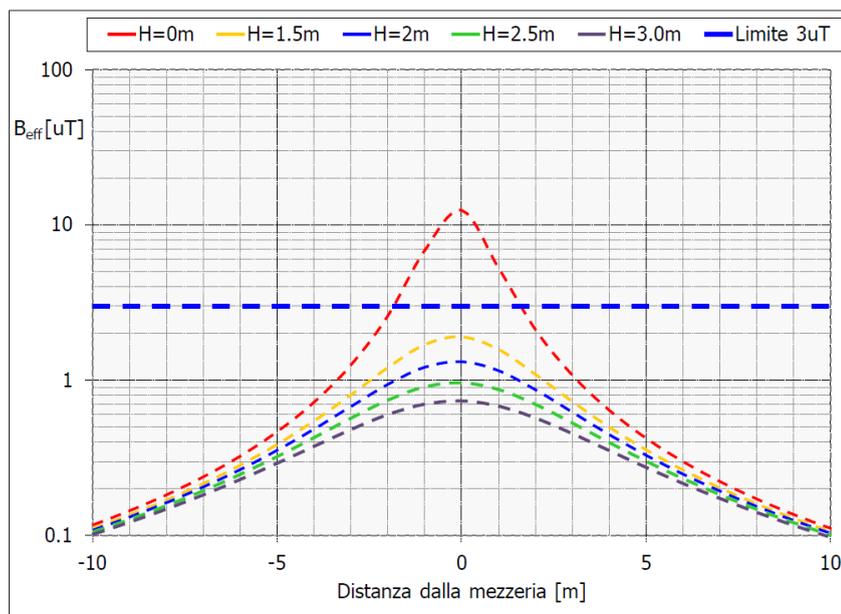


Figura 6: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia

sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è **esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.**

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 250 mm alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 710 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.

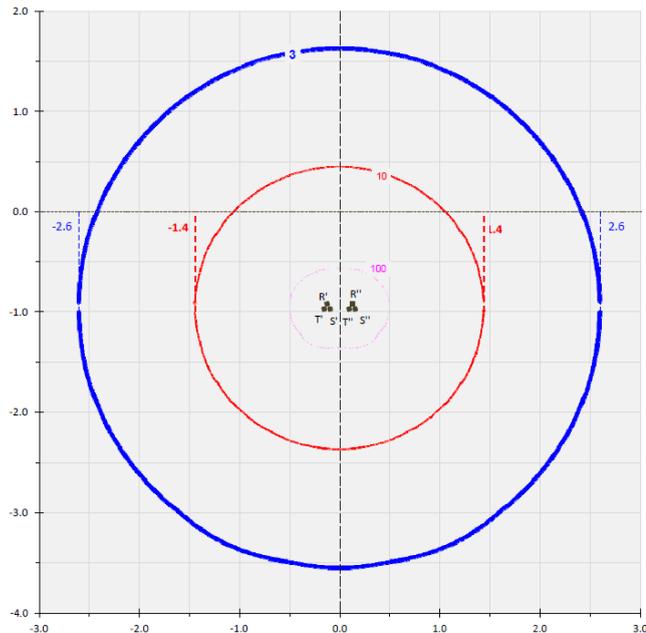


Figura 7: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato da una linea MT posata a trifoglio ($I_{\text{max}}=710\text{A}$; formazione(3x1x630))

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.