



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN LOCALITA' "PEZZAGRANDE" AL FOGLIO N.161 P.LLA N. 2, E NEL COMUNE DI MANFREDONIA IN LOCALITA' "VACCHERECCIA DI GRECO" AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 17, 142, 498, 500 E 512, E IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 131 P.LLE NN.13, 206 E 207, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 128 ALLE P.LLE NN. 45, 79, 113 E 169 E AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 481, 485 E 486, AVENTE UNA POTENZA PARI A **30.038,68 kWp**, DENOMINATO "**MARTILLO**"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO CAVI E  
 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE



IMPIANTO  
 AGRIVOLTAICO  
 AVANZATO

LAOR  
 (Land Area  
 Occupation Ratio)  
**13,96%**

| LIV. PROG. | RIF. COD. PRATICA TERNA | CODICE ISTANZA AU | TAVOLA | DATA       | SCALA |
|------------|-------------------------|-------------------|--------|------------|-------|
| PD         | 202200828               | GWWF184           | A.6    | 30.11.2023 | -     |

REVISIONI

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|------|-------------|----------|------------|-----------|
|      |      |             |          |            |           |
|      |      |             |          |            |           |

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

ENTE

**FIVE-E**

RESPONSIBLE INVESTMENT

HF SOLAR 11 S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

FIRMA RESPONSABILE

PROGETTAZIONE

**HORIZONFIRM**

Ing. D. Siracusa  
 Ing. A. Costantino  
 Ing. C. Chiaruzzi  
 Ing. G. Schillaci  
 Ing. G. Buffa  
 Ing. M.C. Musca

Arch. M. Gullo  
 Arch. A. Calandrino  
 Arch. S. Martorana  
 Arch. F. G. Mazzola  
 Arch. G. Vella  
 Dott. Agr. B. Miciluzzo

HORIZONFIRM S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

PROFESSIONISTA INCARICATO

FIRMA DIGITALE PROGETTISTA



FIRMA OLOGRAFA E TIMBRO  
 PROFESSIONISTA

**Impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica  
rinnovabile attraverso tecnologia solare agrivoltaica**

**denominato**

**“MARTILLO”**

**Dimensionamento cavi a 30 kV e verifica della caduta di  
tensione**

**Relazione tecnica**

## Sommario

|   |    |
|---|----|
| 1 Definizioni.....  | 0  |
| 2 Adempimenti e riferimenti normativi.....  | 1  |
| 3 Premessa .....  | 2  |
| 4 Criteri di dimensionamento dei cavi.....  | 7  |
| 5 Criterio di verifica.....   | 13 |
| 6 Dimensionamento e verifica delle linee di campo.....  | 15 |
| 7 Dimensionamento e verifica delle dorsali a 30 kV di collegamento con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza ..... | 17 |
| 8 Criteri per l'individuazione del tracciato .....  | 20 |
| 9 Progettazione della canalizzazione.....   | 20 |

# 1 Definizioni

Ai fini del presente elaborato, oltre alle definizioni contenute nel Glossario dei termini del Codice di Rete e nella normativa di settore, si adottano specificatamente le seguenti:

- **Impianto di Rete per la connessione:** porzione di impianto per la connessione, di competenza del Gestore di rete, compreso tra il punto di inserimento sulla rete esistente e il punto di connessione;
- **Impianto di Utenza per la Connessione:** porzione di impianto per la connessione la cui realizzazione, gestione, esercizio e manutenzione rimangono di competenza dell'Utente;
- **Impianto per la Connessione:** insieme degli impianti di rete e di utenza necessari per la connessione alla rete di un Utente;
- **Impianto di Utenza:** impianto di produzione nella disponibilità dell'Utente;
- **Stazione Elettrica di Smistamento:** officina elettrica che consente di ripartire l'energia elettrica tra linee di una rete elettrica ad uno stesso livello di tensione;
- **Stazione Elettrica di Trasformazione:** officina elettrica che consente di trasferire l'energia elettrica tra reti a tensioni diverse.

## 2 Adempimenti e riferimenti normativi

Le norme amministrative che regolano il procedimento di autorizzazione per la costruzione di linee elettriche sotterranee sono le seguenti:

- Regio Decreto 11/12/1933 n° 1775 recante il "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici";
- Legge Regionale, se vigente, in materia di autorizzazione per la costruzione di linee ed impianti elettrici fino a 150 kV.

Per quanto attiene l'aspetto tecnico le norme che disciplinano la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche sotterranee della distribuzione sono:

- DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8";
- DM 21/03/1988 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione, e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", limitatamente all'art. 2.1.17;
- D. Lgs. 285/92 "Codice della strada";
- DPR 16/12/92 n° 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- DPR 16/09/96 n° 610 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n° 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999 "Sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";
- Norma CEI 11-46 "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza";
- Norma CEI 11-47 "Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa".
- Norma CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati".

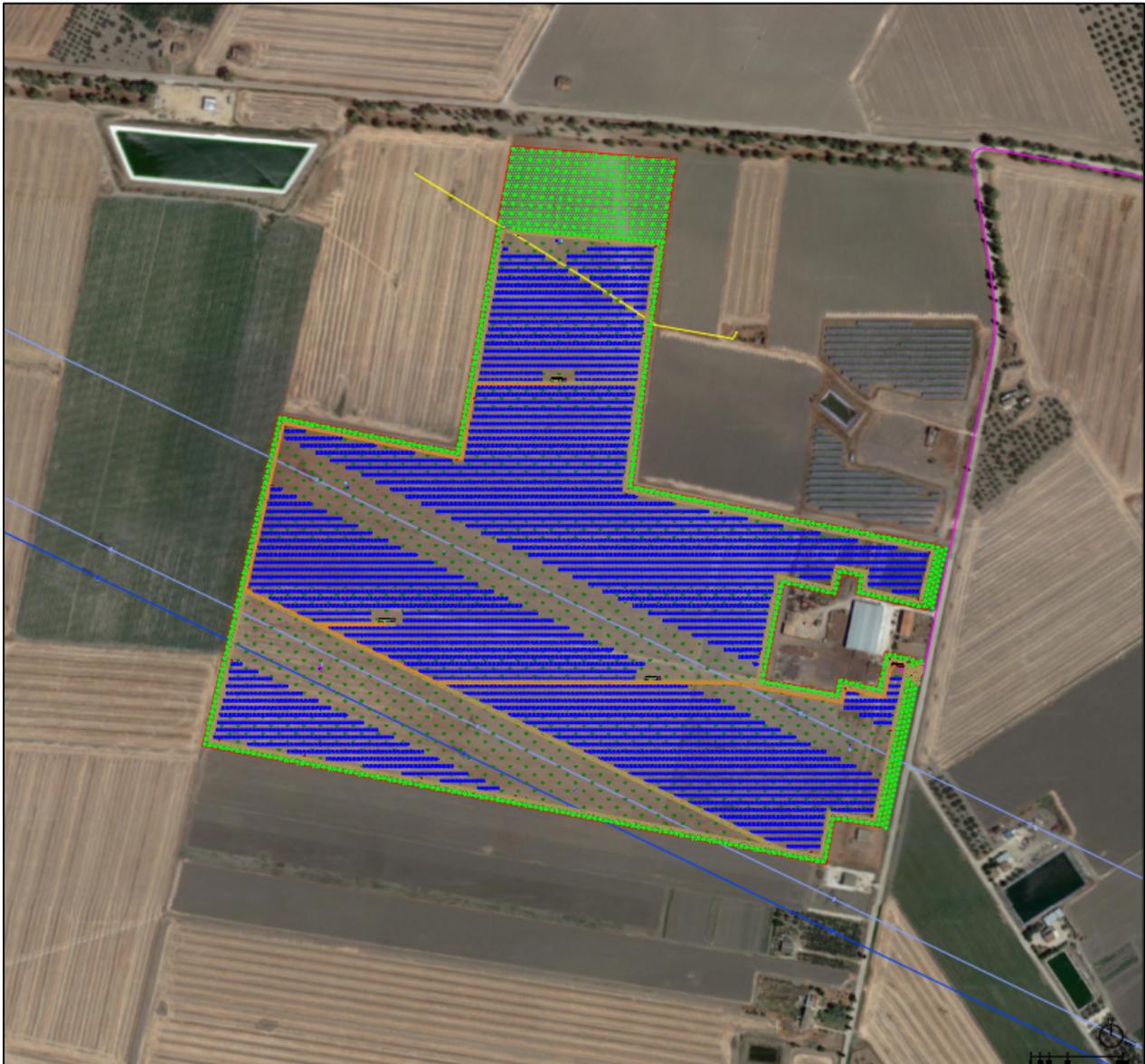
### 3 Premessa

La Società “**HF SOLAR 11 S.r.l.**” intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, attraverso tecnologia fotovoltaica, unitamente ad attività ed interventi di natura agricola, da connettere alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN. Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, l’impianto di produzione risulterà suddiviso in due sezioni di generazione denominate “**Plot 1 da 15.884,12 kWp**” e “**Plot 2 da 14.154,56 kWp**”, per una potenza complessiva di **30.038,68 kWp**. La porzione di impianto denominata “Plot 1” verrà realizzata nel territorio comunale di Foggia (FG) in Località Pezzagrande al Foglio n°161 particella 2 e nel territorio comunale di Manfredonia (FG) in Località Vacchereccia di Greco al Foglio n°129 particelle 17, 142, 498, 500 e 512 (*Figura 1*). La porzione di impianto denominata “Plot 2”, invece, verrà realizzata nel territorio comunale di Manfredonia (FG) in Località Macchiarotonda al Foglio n°131 particelle 13, 206 e 207. Le relative opere di connessione alla RTN saranno realizzate nel territorio comunale di Manfredonia (FG) in località Macchiarotonda al Foglio n°128 alle particelle 45, 79, 113 e 169, e al Foglio n°129 particelle 481, 485 e 486.

Il progetto della società HF Solar 11 S.r.l., alla luce della documentazione progettuale allegata, risulta essere a tutti gli effetti un **impianto agrivoltaico di tipo avanzato** ai sensi delle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici diffuse dal Ministero della Transizione Ecologica nel Giugno 2022.



*Figura 1 - Inquadramento "Plot 1" su ortofoto*



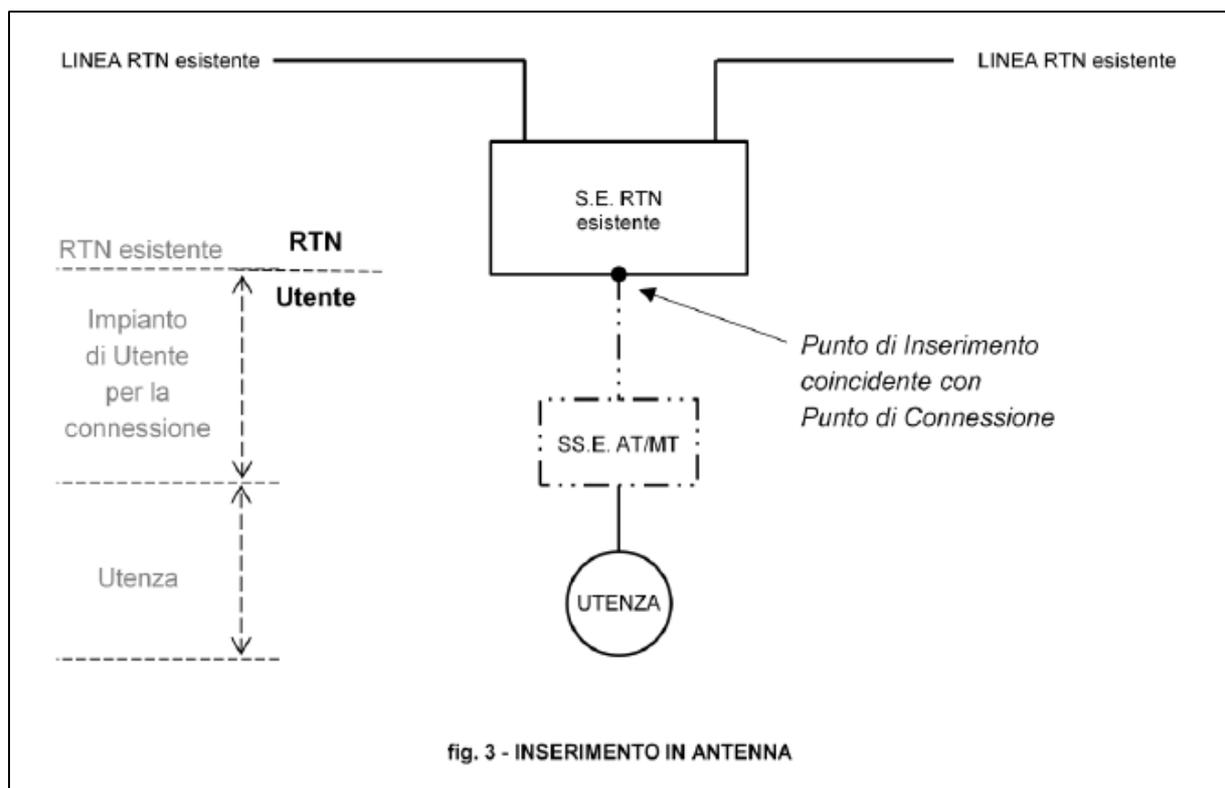
*Figura 2 - Inquadramento "Plot 2" su ortofoto*

Lo schema di connessione alla Rete, prescritto dal Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale con preventivo di connessione ricevuto ed identificato con Codice Pratica 202200828, prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica a 380/150kV della RTN di Manfredonia, mediante condivisione dello stallo con le iniziative di seguito elencate, ai fini della razionalizzazione dell'utilizzo delle infrastrutture di rete:

- codice pratica 201901116 della Società HF SOLAR 3 SRL;
- codice pratica 06021664 della Società PARCO EOLICO SANTA CROCE DEL SANNIO HOUSE SRL;

- codice pratica 201900200 della società OPDENERGY TAVOLIERE 1 S.R.L.;
- codice pratica 201900197 della società OPDENERGY TAVOLIERE 2 SRL;
- codice pratica 201900413 della società MARSEGLIA - AMARANTO ENERGIA E SVILUPPO SRL.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, viene riportato lo schema tipico di inserimento in antenna di un impianto di produzione con una Stazione Elettrica esistente:



*Figura 3 - Schema di inserimento in antenna con una Stazione Elettrica RTN esistente*

Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Elettrica, Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto a 150 kV per il collegamento della centrale alla citata SE costituisce "**Impianto di Utenza per la Connessione**", mentre lo stallo arrivo produttore nella suddetta stazione costituisce "**Impianto di Rete per la Connessione**". La restante parte di impianto, a valle dell'Impianto di Utenza per la Connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come "**Impianto di Utenza**".

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, ciascuno dei due plot verrà suddiviso in sottocampi fotovoltaici, per ognuno dei quali si prevede una cabina elettrica di trasformazione dell'energia elettrica prodotta. Queste ultime, verranno interconnesse tra loro in entra-esce e collegate al quadro elettrico generale di media tensione installato all'interno della cabina di raccolta di

pertinenza, a mezzo di una linea elettrica in cavo cordato ad elica adatto per posa interrata. Ciascun plot verrà pertanto collegato con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza, a mezzo di una dorsale di media tensione in cavo cordato, derivata dal quadro elettrico generale di pertinenza. Per una maggiore comprensione di quanto descritto, si riportano gli schemi a blocchi dei due impianti:

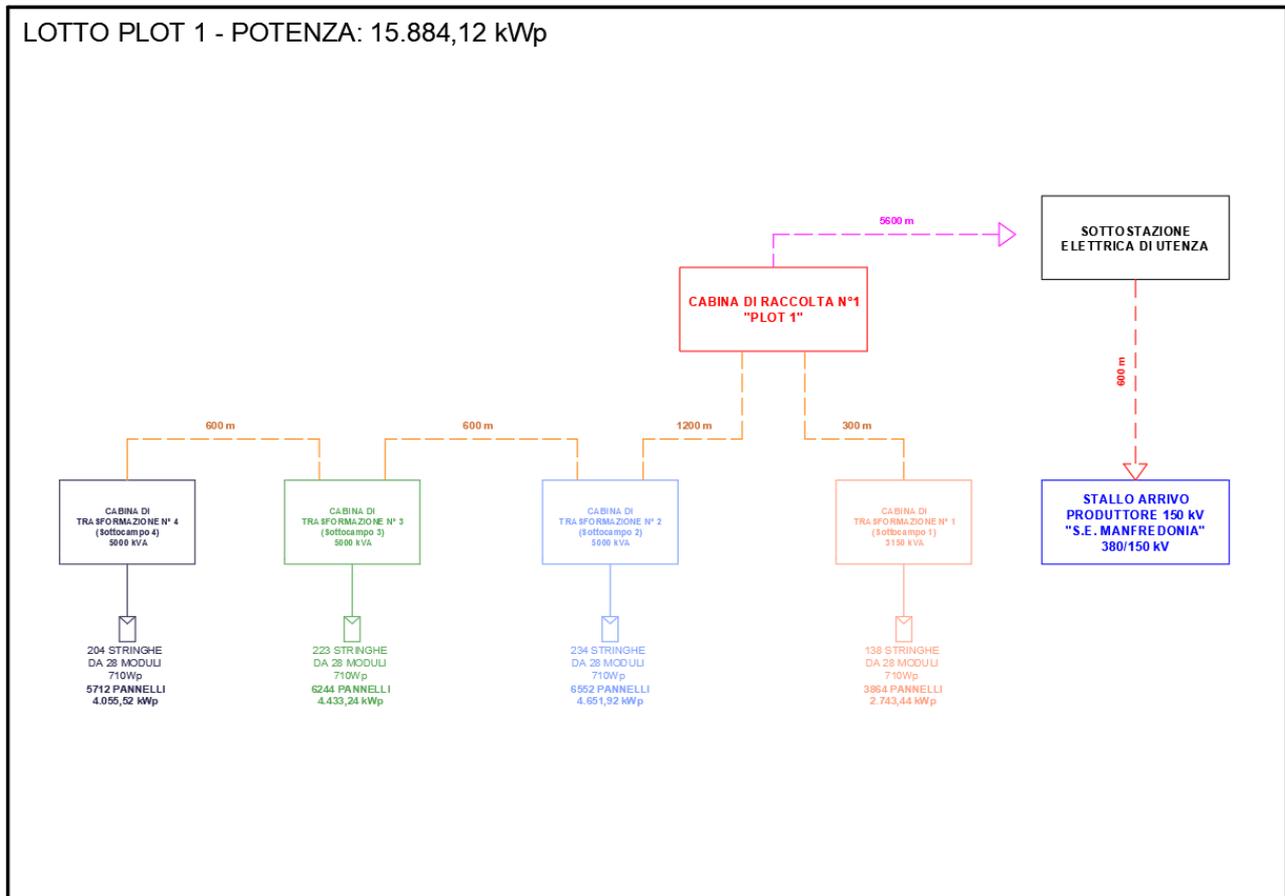


Figura 4 - Schema a blocchi Plot 1

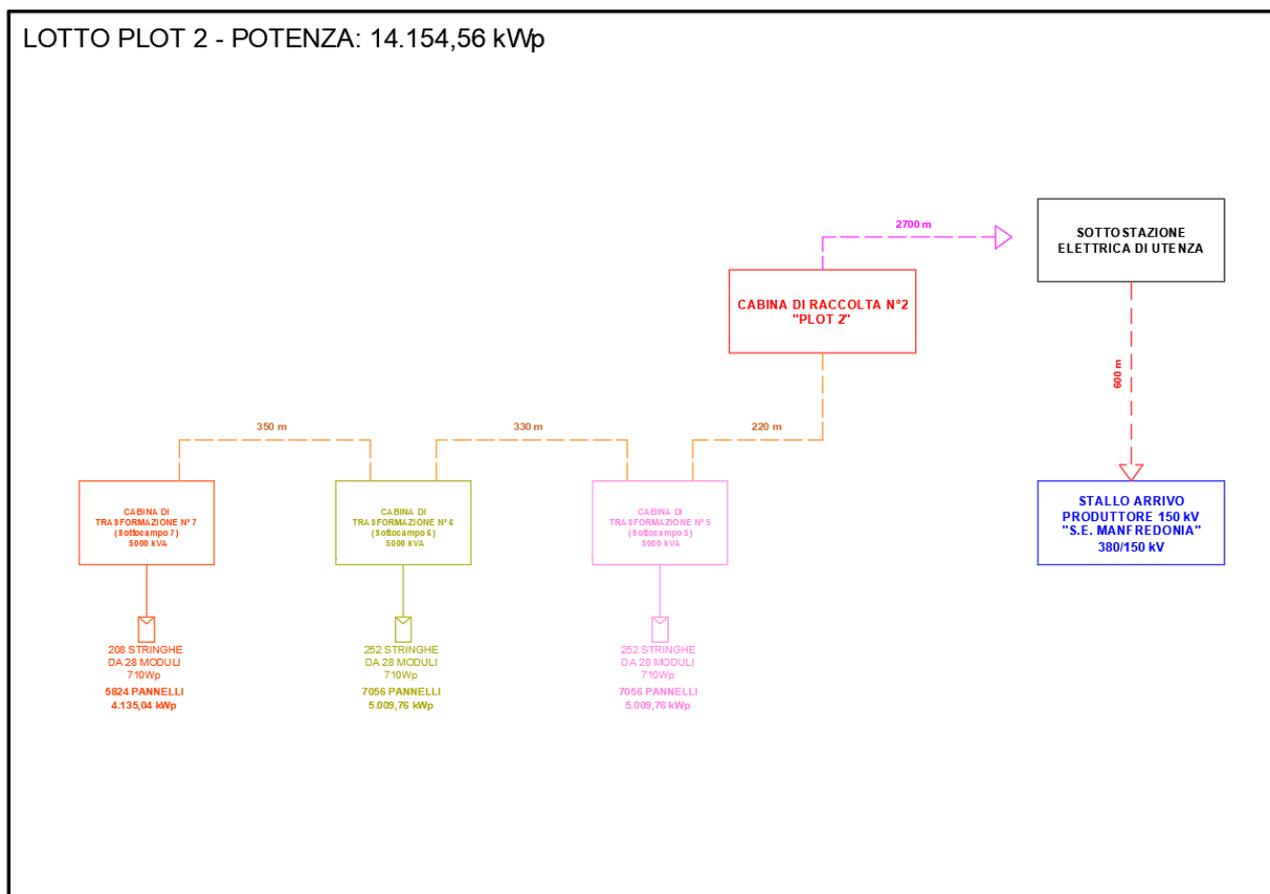


Figura 5 - Schema a blocchi Plot 2

Considerando che l'impianto sarà sottoposto ad *Iter di Valutazione di Impatto Ambientale*, ai sensi del D.Lgs. n° 152 del 2006 e s.m.i. e ad *Autorizzazione Unica*, ai sensi del D.Lgs. n° 387 del 2003 e s.m.i., la Società Proponente espletterà direttamente la procedura autorizzativa fino al conseguimento dell'autorizzazione, oltre che per l'impianto di produzione, anche per le Opere di Rete strettamente necessarie per la connessione alla RTN indicate nella "Soluzione Tecnica Minima Generale di Connessione – STMG" descritta nel preventivo di connessione sopra citato.

Il progetto dell'Impianto di Rete per la connessione, è stato elaborato in piena osservanza della "Soluzione Tecnica Minima Generale" e sottoposto al Gestore di Rete ai fini della verifica di congruità e rilascio del parere tecnico di rispondenza.

Nel presente elaborato, verranno illustrati i criteri applicati ai fini del "dimensionamento e della verifica<sup>1</sup>" dei cavi elettrici a 30 kV, facenti parte delle Opere di Utenza necessarie per la connessione

<sup>1</sup> Non conoscendo a priori il valore della resistività termica del terreno né la corrente di cortocircuito trifase netto in corrispondenza del punto di connessione, le sezioni scelte andranno verificate in fase di progettazione esecutiva, successivamente alla predisposizione del Regolamento di Esercizio.

alla RTN. In particolare l'analisi verrà condotta sia per le linee elettriche di campo<sup>2</sup> che per le dorsali di collegamento delle due sezioni di generazione con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utanza MT/AT.

## 4 Criteri di dimensionamento dei cavi

Ai fini del dimensionamento dei cavi è stato applicato il “*criterio termico*” in base al quale il cavo deve avere una sezione tale per cui la sua portata ( $I_Z$ ), nelle condizioni di posa previste da progetto, sia almeno uguale alla corrente di impiego del circuito ( $I_B$ ).

La portata di un cavo, come è noto, dipende dai parametri che influiscono sul bilancio termico a regime e dunque dalla potenza termica sviluppata (sezione e resistività del conduttore), dalla potenza termica ceduta all'ambiente circostante (condizioni di posa) e dal tipo di isolante.

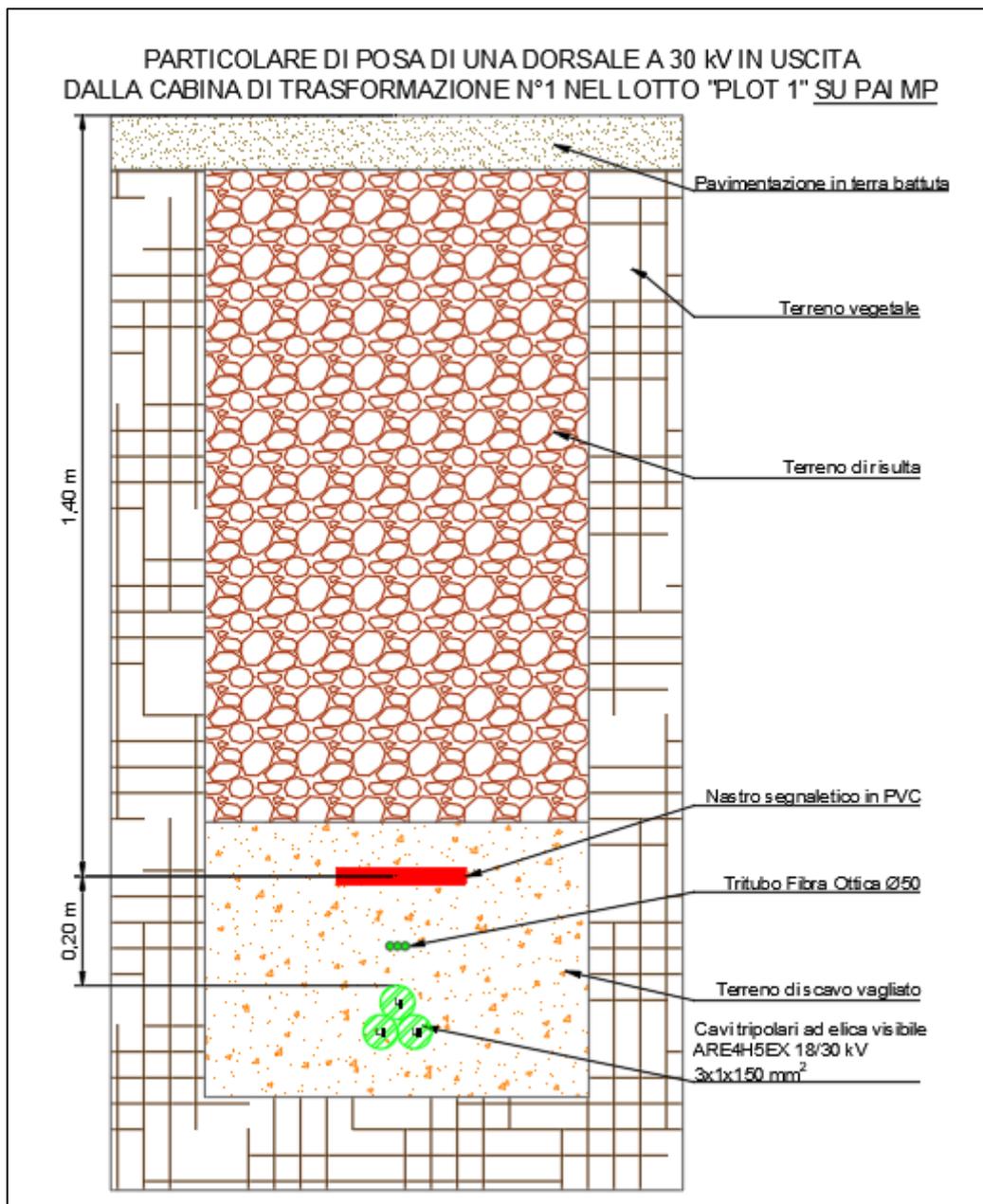
Considerando che le *linee di campo* si svilupperanno all'interno di un sito nella disponibilità del Produttore intercluso alla libera circolazione mentre le *dorsali MT* interrato percorreranno le Strade Provinciali prospicienti i due lotti per poi proseguire nella medesima trincea fino al collegamento con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utanza, ai fini del dimensionamento delle due tipologie di cavi sono state assunte condizioni di posa differenti, come di seguito indicato:

### Linee a 30 kV interne al campo

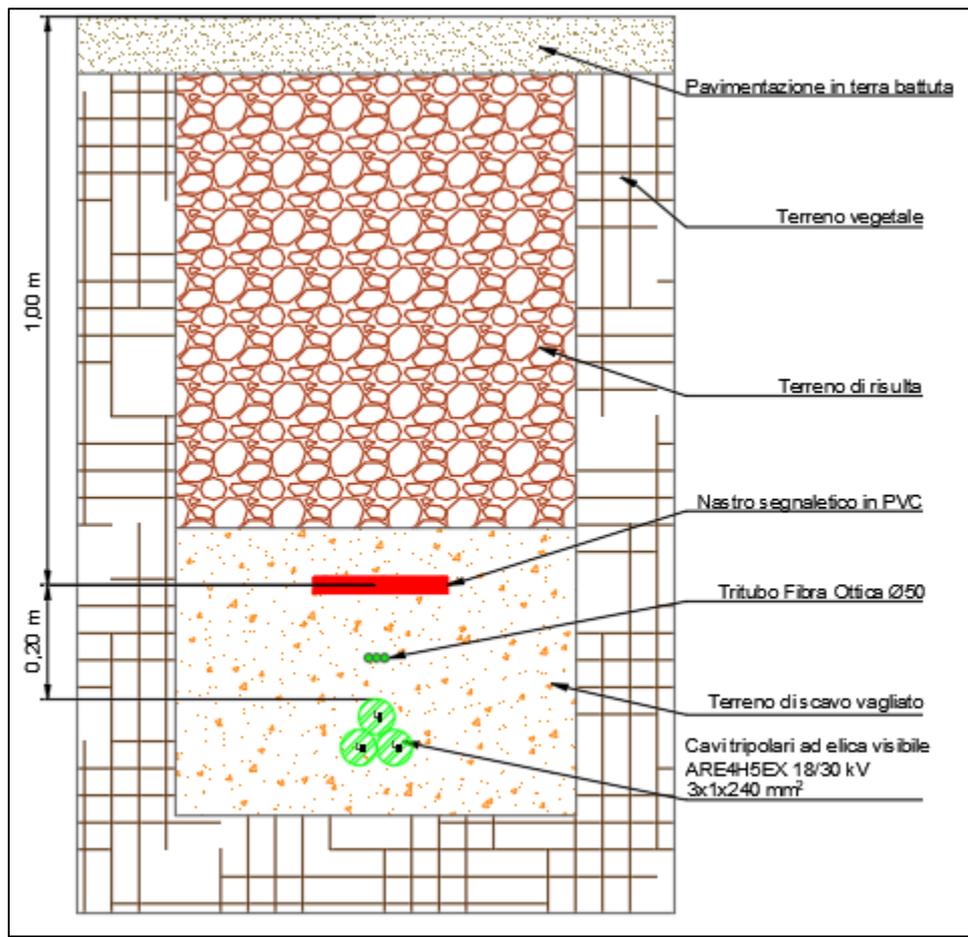
- profondità di posa che varia da 1,2 a 1,6;
- resistività termica del terreno pari a  $1 \text{ }^\circ\text{K m/W}$ ;
- temperatura di posa pari a  $20^\circ\text{C}$ ;
- cavi disposti a trifoglio;
- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta) senza protezione meccanica supplementare;
- massimo numero di circuiti presenti all'interno della stessa trincea di scavo pari a 2.

---

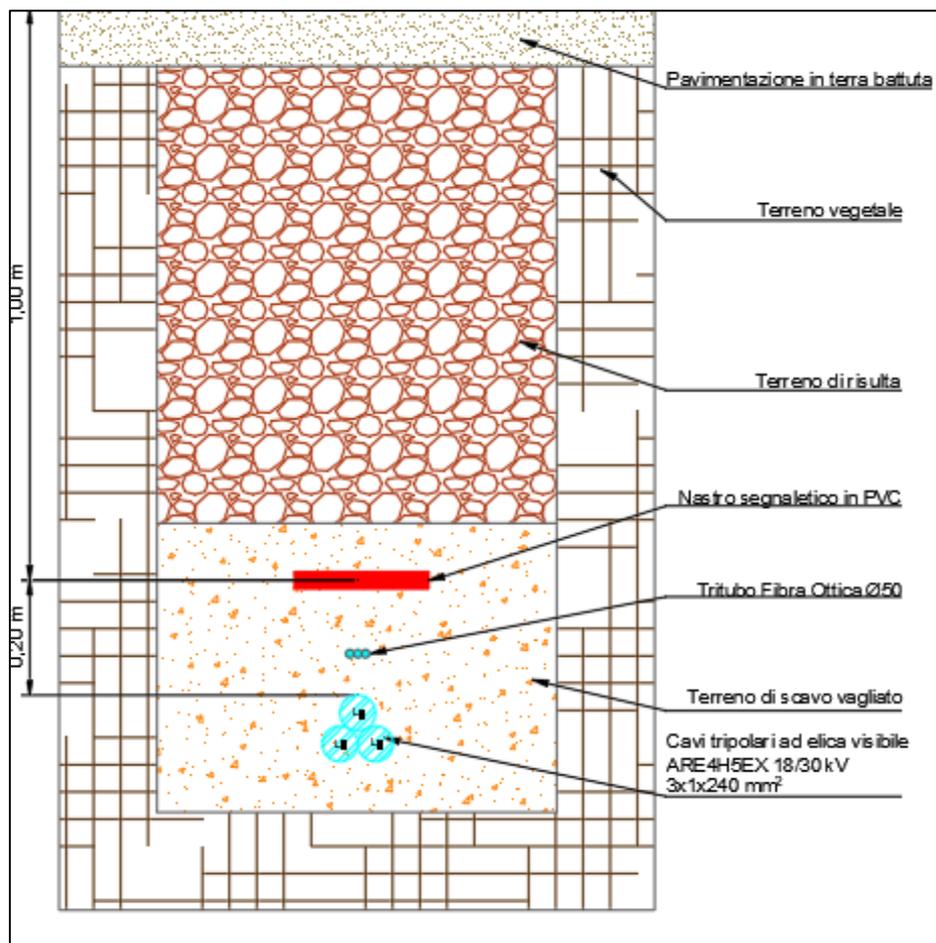
<sup>2</sup> In questo contesto chiameremo linee elettriche di campo quelle che consentono di collegare i quadri elettrici a 30 kV delle Cabine Elettriche Trasformazione, con il quadro elettrico generale a 30 kV installato all'interno della Cabina di Raccolta di pertinenza.



*Figura 6: tipico di posa cavi 30 kV interni al campo – Plot 1*



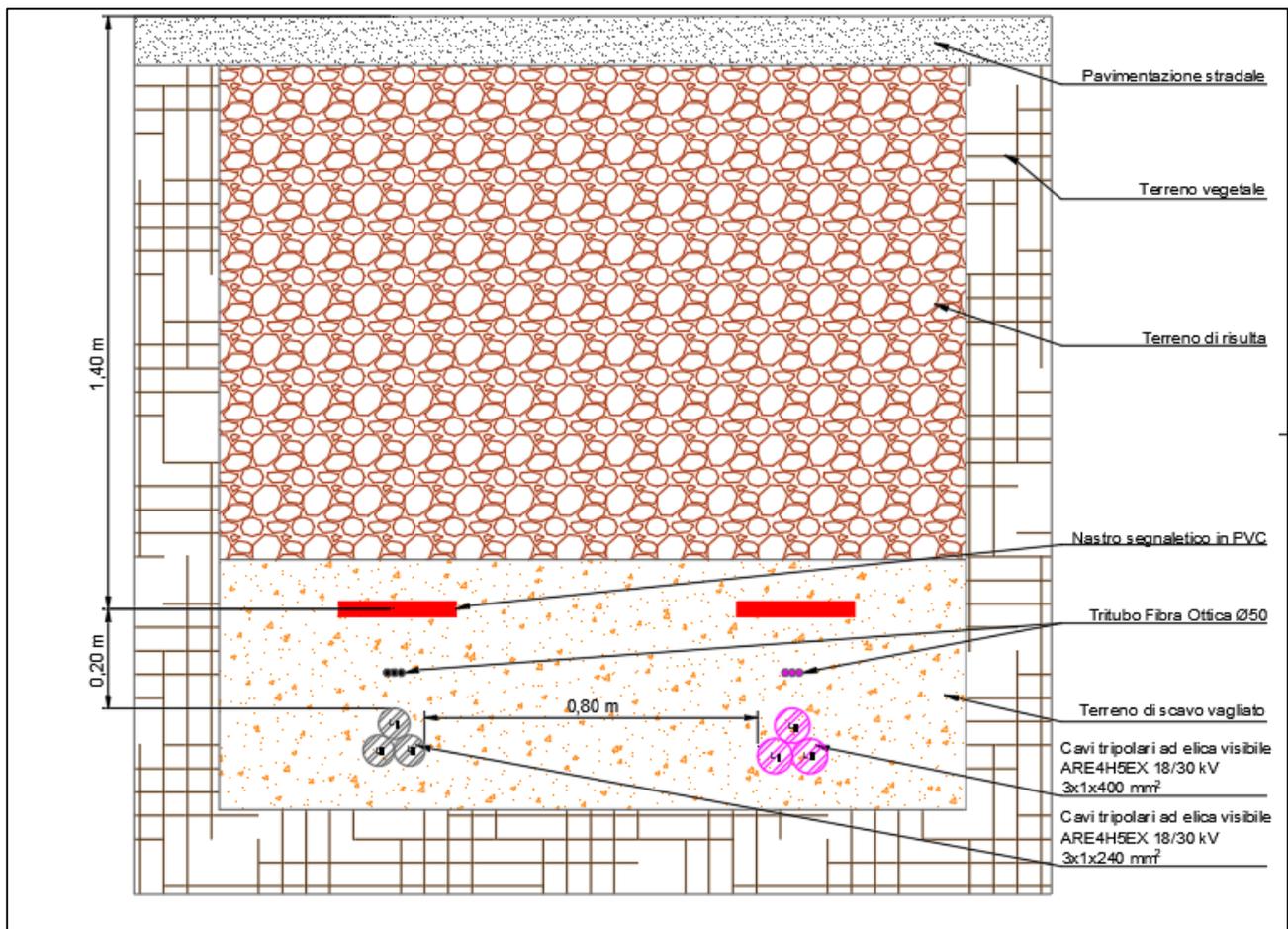
*Figura 7: tipico di posa cavi 30 kV interni al campo – Plot 1*



*Figura 8: tipico di posa cavi 30 kV interni al campo – Plot 2*

**Dorsali a 30 kV di collegamento con la Sottostazione Elettrica di UtENZA**

- profondità di posa non inferiore a 1,6 m;
- resistività termica del terreno pari a 1 °K m/W;
- temperatura di posa pari a 20°C;
- cavi disposti a trifoglio;
- distanza tra le 2 terne pari a 0,80 m;
- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta) senza protezione meccanica supplementare;
- numero di circuiti presenti all'interno della stessa trincea di scavo pari a 2.



*Figura 9: tipico di posa dorali a 30 kV di collegamento con la sezione MT della Sottostazione Elettrica di Utenza*

Per entrambe le tipologie di linee, si prevede di utilizzare cavi tripolari ad elica visibile ARE4H5EX in modo tale da rispettare l'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$  fissato per il Campo Induzione Magnetica dal D.P.C.M. 8 luglio 2003.

## ARE4H5E(X) 18/30(36)kV SK1 (SHOCK PROOF 1)

Contatto  
Vendita Cavi Mercato  
nexans.cavi@nexans.com

### CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

| Nome  | Diametro del conduttore [mm] | Diametro sull'isolante [mm] | Diametro esterno [mm] | Peso approssimativo [kg/km] |
|---|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 50 mm <sup>2</sup> SK1  | 8,2                          | 24,2                        | 36,8                  | 1010                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 70 mm <sup>2</sup> SK1  | 9,8                          | 25,8                        | 38,4                  | 1130                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 95 mm <sup>2</sup> SK1  | 11,5                         | 26,5                        | 39,2                  | 1210                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 120 mm <sup>2</sup> SK1 | 13,1                         | 27,5                        | 40,2                  | 1310                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 150 mm <sup>2</sup> SK1 | 14,3                         | 28,5                        | 41,3                  | 1410                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 185 mm <sup>2</sup> SK1 | 16,0                         | 30,2                        | 43,1                  | 1570                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 240 mm <sup>2</sup> SK1 | 18,5                         | 32,7                        | 45,7                  | 1820                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 300 mm <sup>2</sup> SK1 | 20,7                         | 34,9                        | 48                    | 2060                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 400 mm <sup>2</sup> SK1 | 23,5                         | 37,7                        | 50,9                  | 2390                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 500 mm <sup>2</sup> SK1 | 26,5                         | 40,9                        | 54,3                  | 2820                        |
| ARE4H5E(X) 18/30 kV 630 mm <sup>2</sup> SK1 | 30,0                         | 45,0                        | 58,6                  | 3390                        |

Figura 10: scheda tecnica cavi ARE4H5EX

I cavi scelti, sono adatti per il trasporto di energia elettrica e per essi, ai sensi dell'art.4.3.11 della norma CEI 11-18, è ammessa la posa interrata anche non protetta. Le loro portate, indicate dal Costruttore, sono state calcolate considerando:

- schermi metallici connessi tra loro e a terra ad entrambe le estremità;
- resistività termica del terreno 1 ° C m/W;
- profondità di posa: 1,20 m;
- disposizione a trifoglio.

Definita la tipologia di cavo e le condizioni di posa, ai fini del corretto dimensionamento dei circuiti, è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_Z = I_{Z0} K_1 K_2 K_3 K_4$$

dove:

- $I_B$  è la corrente di impiego del circuito [A];
- $I_z$  è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste dal progetto [A];
- $I_{z0}$  è la portata del cavo in condizioni di posa standard, desumibile dalle schede tecniche fornite dai costruttori [A];
- $K_1$  è il fattore di correzione della portata per profondità di posa diversa da 1,20 m;
- $K_2$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la temperatura di posa è diversa da 20°C;
- $K_3$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la resistività termica del terreno sia diversa da 1 °C m/W;
- $K_4$  è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui all'interno della stessa trincea di scavo sono presenti più circuiti elettricamente indipendenti.

Il calcolo della corrente di impiego  $I_B$  di ciascuna linea, è stato condotto considerando prudenzialmente la condizione di esercizio più gravosa, che prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale dei trasformatori interconnessi mentre i valori dei coefficienti correttivi della portata sono stati ricavati dalla Norma CEI 11-17.

I risultati di calcolo ottenuti, vengono riportati nei successivi paragrafi.

## 5 Criterio di verifica

Le sezioni scelte, sono state verificate dal punto di vista della sollecitazione termica prodotta in occasione di cortocircuito.

Per garantire la protezione, è necessario che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, sia per l'isolamento che per altri materiali con cui il conduttore è a contatto.

Assumendo che il fenomeno termico conseguente al regime di sovracorrente sia di breve durata, in modo tale da potersi considerare di tipo adiabatico, ai fini del corretto dimensionamento della sezione è necessario che sia rispettata la seguente relazione:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

dove:

- $S$  è la sezione del cavo, in mm<sup>2</sup>;

- I è il valore efficace della corrente di cortocircuito permanente<sup>3</sup>, secondo la definizione di  $I_k$  della Norma CEI 11-25;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore costituente il cavo;
- t è la durata della corrente di cortocircuito<sup>4</sup> (s).

Le sezioni scelte sono state verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione, imponendo i seguenti valori massimi ammissibili:

- 7% per le linee dorsali;
- 2% per le linee di campo.

a mezzo dell'applicazione della seguente relazione per le linee di derivazione:

$$\Delta V = K_v [ r x \sum_{i=1}^n Mif^A + x x \sum_{i=1}^n Miq^A ]$$

dove:

- $K_v$  è un coefficiente che per le linee trifasi è pari a  $\sqrt{3}$ ;
- $r$  è la resistenza elettrica del cavo [ $\Omega/\text{km}$ ];
- $x$  è la reattanza del cavo [ $\Omega/\text{km}$ ];
- $n$  è il numero di cabine elettriche di trasformazione interconnesse;
- $\sum_{i=1}^n Mif^A$  è la somma dei momenti amperometrici in fase, valutati rispetto al punto di derivazione della linea a 30 kV dal quadro elettrico generale installato nella cabina di raccolta;
- $\sum_{i=1}^n Miq^A$  è la somma dei momenti amperometrici in quadratura, valutati rispetto al punto di derivazione della linea a 30 kV dal quadro elettrico generale installato nella cabina di raccolta;
- A è il punto di derivazione della linea sopra menzionato.

mentre per le dorsali è stata applicata al seguente relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} (r L I \cos\varphi + x L I \sin\varphi)$$

dove:

- $\Delta V$  è la caduta di tensione in valore assoluto [V];

<sup>3</sup> Non conoscendo il valore della corrente di cortocircuito in corrispondenza del punto di connessione alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale, prudenzialmente è stata considerata una corrente di cortocircuito trifase pari a 16 kA.

<sup>4</sup> La durata della corrente di guasto dipende dal tempo di intervento del dispositivo di protezione; non potendo in questa fase della progettazione procedere con il coordinamento delle caratteristiche di intervento degli interruttori a protezione delle linee, prudenzialmente è stato considerato un valore massimo di 1 sec.

- $r$  è la resistenza elettrica del cavo [ $\Omega/\text{km}$ ];
- $x$  è la reattanza del cavo [ $\Omega/\text{km}$ ];
- $L$  è la lunghezza della linea [ $\text{km}$ ];
- $I$  è il valore efficace della corrente di linea [ $\text{A}$ ];
- $\text{Cos}\varphi$  è il fattore di potenza.

## 6 Dimensionamento e verifica delle linee di campo

Come riscontrabile dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, per ciascun plot in cui è stato suddiviso il generatore fotovoltaico, è prevista la realizzazione di una linea elettrica di media tensione a mezzo della quale le cabine elettriche di campo verranno interconnesse tra loro in entra-esce.

Considerando le taglie dei trasformatori di potenza installati all'interno delle cabine, applicando il criterio di dimensionamento esposto al paragrafo 4 e i criteri di verifica illustrati al paragrafo 5, sono state individuate le sezioni commerciali da adottare. I risultati ottenuti vengono riportati nella tabella seguente:

| Denominazione<br>linea       | Lunghezza<br>[km] | N° di cabine<br>interconnesse | $I_B$<br>[A] | Numero di circuiti<br>presenti nella<br>stessa trincea di<br>scavo | Formazione                   | $I_z$<br>[A] | $\Delta V\%$ |
|------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------|--|------------------------------|--------------|--------------|
| Linea 1 MT<br>30 kV – Plot 1 | 0,3               | 1                             | 60,6         | 2  | 3x(1x150)<br>mm <sup>2</sup> | 272          | < 2%         |
| Linea 2 MT<br>30 kV – Plot 1 | 2,4               | 3                             | 288,6        | 2  | 3x(1x240)<br>mm <sup>2</sup> | 358          | < 2%         |
| Linea 3 MT<br>30 kV - Plot 2 | 1,55              | 3                             | 288,6        | 1  | 3x(1x240)<br>mm <sup>2</sup> | 358          | < 2%         |

*Tabella 1: riepilogo risultati di dimensionamento e verifica linee a 30 kV interne al campo*

I valori di resistenza e di reattanza presi in considerazione ai fini del calcolo delle cadute di tensione sono deducibili dalle schede tecniche di seguito riportate:

| Nome   | Capacità nominale [µF / km] | Reattanza di fase a 50 Hz a trifoglio [Ohm/km] | Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c. [Ohm/km] | Resistenza el. del cond. a 90°C in c.a. - trifoglio [Ohm/km] | Portata di corrente cavi in aria a 30°C - trifoglio [A] | Portata di corrente cavi interrati a 20°C C - trifoglio [A] | Corrente di corto circuito nel conduttore 1s [kA] |
|--|-----------------------------|--|--|--|---|---|---|
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 50 mm <sup>2</sup> SK1  | 0,15                        | 0,152  | 0,641  | 0,822  | 189   | 168   | 4,7   |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 70 mm <sup>2</sup> SK1  | 0,166                       | 0,143  | 0,443  | 0,568  | 235   | 205   | 6,6   |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 95 mm <sup>2</sup> SK1  | 0,193                       | 0,134  | 0,32   | 0,411  | 284   | 245   | 9   |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 120 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,217                       | 0,128  | 0,253  | 0,325  | 328   | 279   | 11,3  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 150 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,233                       | 0,124  | 0,206  | 0,265  | 369   | 312   | 14,2  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 185 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,252                       | 0,119  | 0,164  | 0,211  | 424   | 353   | 17,5  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 240 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,28                        | 0,114  | 0,125  | 0,161  | 501   | 410   | 22,7  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 300 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,304                       | 0,11   | 0,1  | 0,129  | 574   | 463   | 28,3  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 400 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,335                       | 0,106  | 0,0778   | 0,101  | 669   | 530   | 37,8  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 500 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,363                       | 0,102  | 0,0605   | 0,08   | 777   | 604   | 47,2  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 630 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,396                       | 0,098  | 0,0469   | 0,063  | 901   | 687   | 59,5  |

*Figura 11: resistenza e reattanza cavi elettrici ARE4H5EX 18/30 kV*

## **7 Dimensionamento e verifica delle dorsali a 30 kV di collegamento con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza**

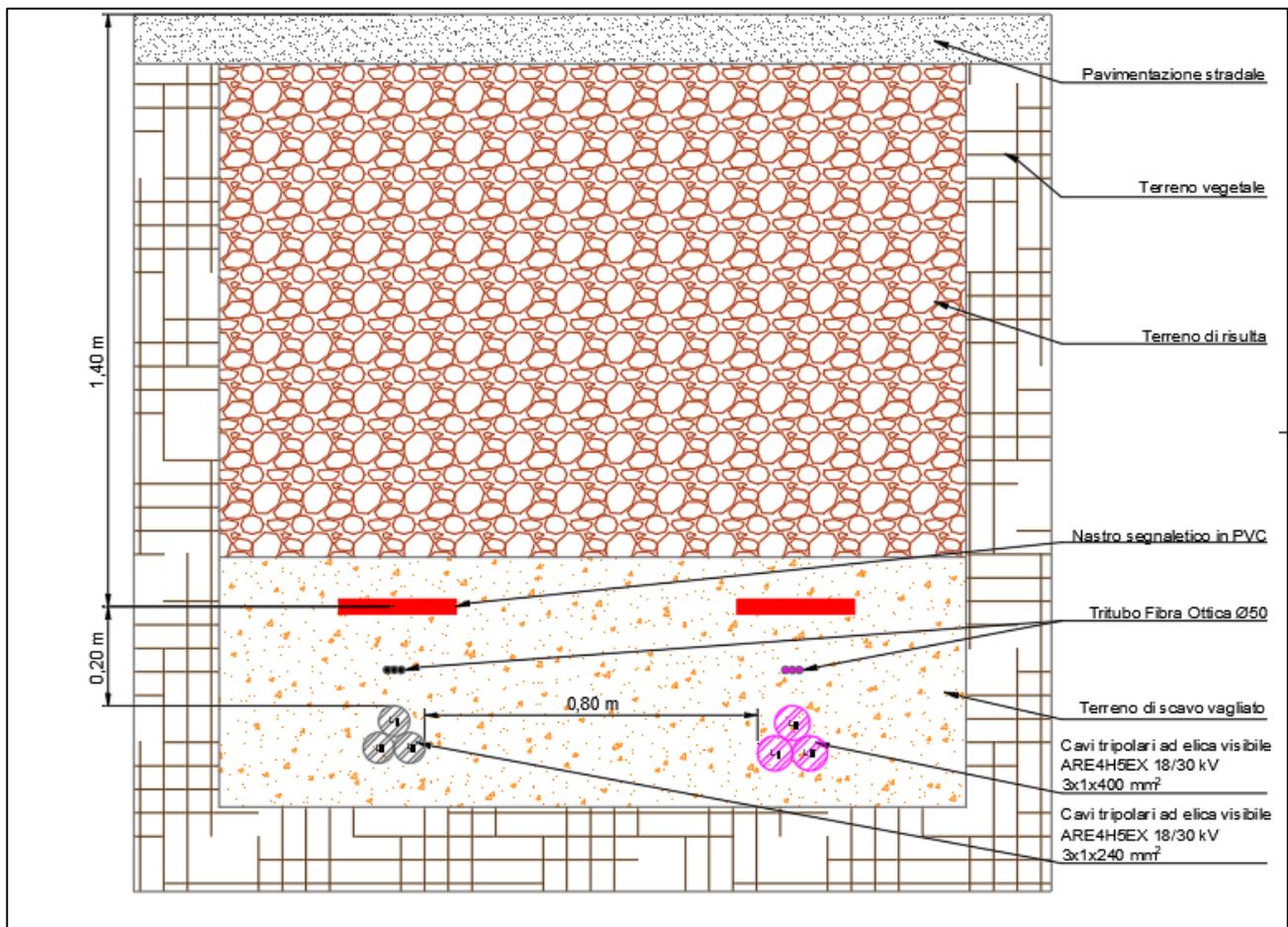
Ciascun Plot in cui è stato suddiviso l'impianto fotovoltaico, verrà collegato con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT a mezzo di una dorsale di media tensione in cavo interrato.

Entrambe le linee sono state dimensionate in funzione della potenza nominale della sezione di generazione di pertinenza, pari alla somma delle potenze nominali di gruppi di conversione ivi previsti, assumendo un fattore di contemporaneità  $F_{co}$  unitario. Ai fini del calcolo della caduta di tensione è stato ipotizzato un funzionamento a fattore di potenza<sup>5</sup>  $\cos\phi = 0,8$ .

Analogamente a quanto previsto per le linee interne al campo, anche per le dorsali è stata considerata la disposizione delle fasi a trifoglio. Tuttavia, considerando che esse si sviluppano su strada pubblica e che condividono la stessa trincea di scavo, al fine di ridurre il livello di induzione magnetica generata durante l'esercizio a livello del suolo, è stata ipotizzata una profondità di posa non inferiore a 1,60 m ed una distanza tra le due terne di 0,80 m:

---

<sup>5</sup> Per il calcolo della caduta di tensione è stato considerato il fattore di potenza nominale degli inverter multistringa.



**Figura 12: particolare di posa dorsali a 30kV**

Considerando le taglie delle cabine elettriche di trasformazione previste, applicando il criterio di dimensionamento esposto al paragrafo 4 e i criteri di verifica illustrati al paragrafo 5, sono state individuate le sezioni commerciali da adottare. I risultati ottenuti vengono riportati nella tabella seguente:

| Denominazione<br>linea     | Lunghezza<br>[km] | N° di cabine di<br>trasformazione<br>sottese | I <sub>B</sub><br>[A] | Numero di<br>circuiti presenti<br>nella stessa<br>trincea di scavo | Fattore<br>correttivo<br>K <sub>1</sub> | Fattore<br>correttivo<br>K <sub>4</sub> | Formazione               | I <sub>z</sub><br>[A] | ΔV%  |
|----------------------------|-------------------|--|-----------------------|--|---|---|--------------------------|-----------------------|------|
| Dorsale 30 kV<br>Plot 1    | 5,6               | 4  | 349,3                 | 2  | 0,92                                    | 0,95                                    | 3x(1x400)mm <sup>2</sup> | 463                   | ≤ 7% |
| Dorsale 30 kV n°<br>Plot 2 | 2,7               | 3  | 288,6                 | 2  | 0,92                                    | 0,95                                    | 3x(1x240)mm <sup>2</sup> | 358                   | ≤ 7% |

**Tabella 2: riepilogo dei risultati di dimensionamento e verifica delle dorsali a 30 kV di collegamento con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza**

I valori di resistenza e di reattanza presi in considerazione ai fini del calcolo delle cadute di tensione sono deducibili dalle schede tecniche di seguito riportate:

## ARE4H5E(X) 18/30(36)kV SK1 (SHOCK PROOF 1)

Contatto  
Vendita Cavi Mercato  
nexans.cavi@nexans.com

| Nome   | Capacità nominale [µF / km] | Reattanza di fase a 50 Hz a trifoglio [Ohm/km] | Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c. [Ohm/km] | Resistenza el. del cond. a 90°C in c.a. - trifoglio [Ohm/km] | Portata di corrente cavi in aria a 30°C - trifoglio [A] | Portata di corrente cavi interrati a 20°C - trifoglio [A] | Corrente di corto circuito nel conduttore 1s [kA] |
|--|-----------------------------|--|--|--|---|---|---|
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 240 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,28                        | 0,114  | 0,125  | 0,161  | 501   | 410   | 22,7  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 300 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,304                       | 0,11   | 0,1  | 0,129  | 574   | 463   | 28,3  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 400 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,335                       | 0,106  | 0,0778   | 0,101  | 669   | 530   | 37,8  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 500 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,363                       | 0,102  | 0,0605   | 0,08   | 777   | 604   | 47,2  |
| ARE4H5E(X)<br>18/30 kV 630 mm <sup>2</sup> SK1 | 0,396                       | 0,098  | 0,0469   | 0,063  | 901   | 687   | 59,5  |

Figura 13: resistenza e reattanza cavi ARE4H5EX 18/30 kV

## **8 Criteri per l'individuazione del tracciato**

La progettazione della linea in cavo è stata improntata a criteri di sicurezza, sia per quanto attiene le modalità di realizzazione sia per quanto concerne la compatibilità in esercizio con le opere interferite. La progettazione ha inoltre mirato all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione.

Per definire dettagliatamente il tracciato di posa, è stato necessario:

- rilevare, interpellando i proprietari interessati, la posizione degli altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: tubazioni di gas, acquedotti, cavi elettrici, cavi telefonici, fognature ecc.;
- verificare la transitabilità dei macchinari.

Inoltre, come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, le occupazioni longitudinali saranno realizzate nelle fasce di pertinenza stradale, al di fuori della carreggiata e alla massima distanza dal margine della stessa.

## **9 Progettazione della canalizzazione**

Per canalizzazione si intende l'insieme del canale, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezione, segnaletica).

La materia è disciplinata, eccezione fatta per i riempimenti, dalla Norma CEI 11-17. In particolare detta Norma stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare e dagli abituali attrezzi manuali di scavo.

La Norma stabilisce inoltre che protezione meccanica supplementare non è necessaria nel caso di cavi posati ad una profondità di posa maggiore di 1,70 m o nel caso di cavi cosiddetti airbag.

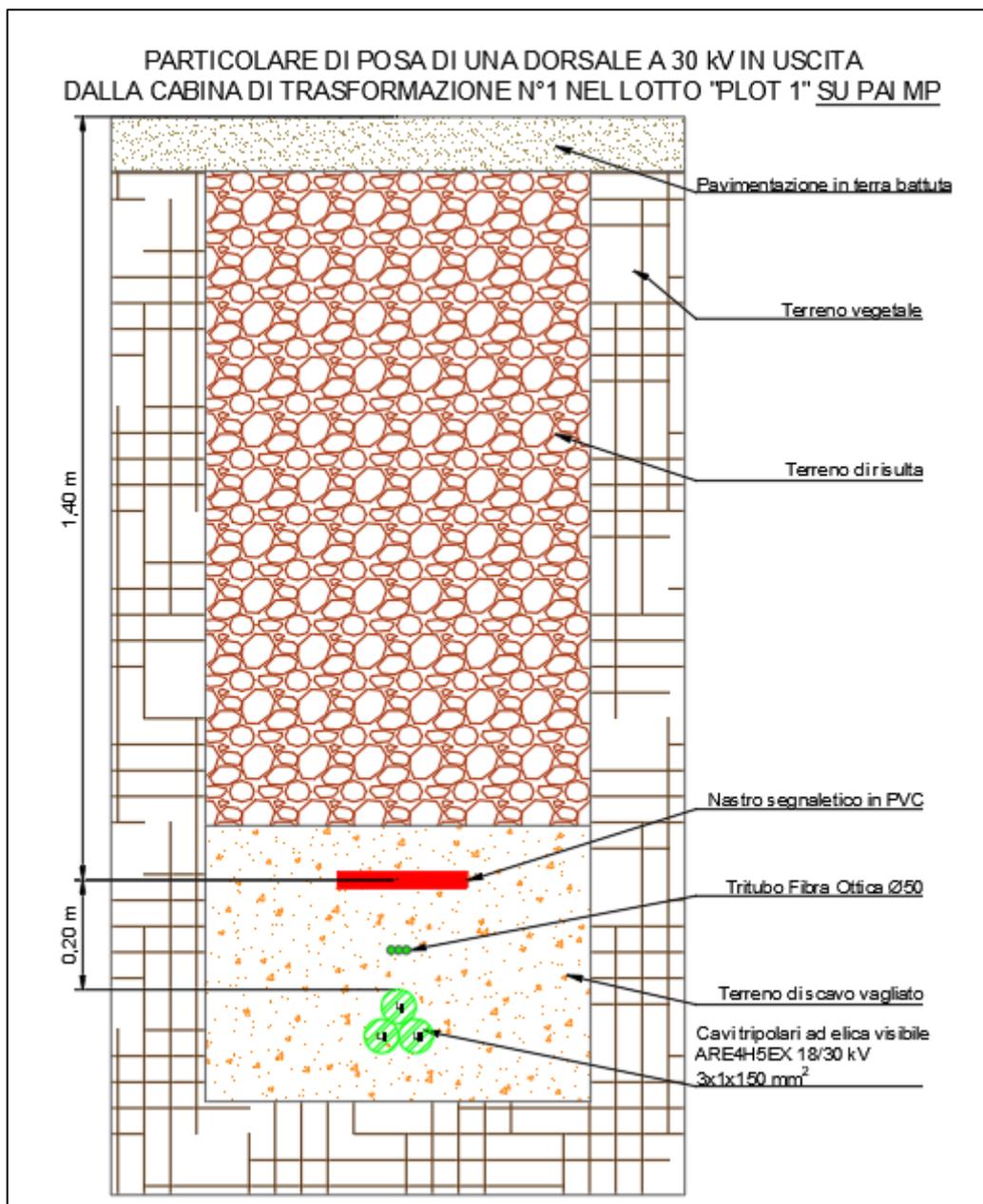
La profondità minima di posa per le strade ad uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade ad uso privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla Norma CEI 11-17:

- 0,6 m su terreno privato;
- 0,8 m su terreno pubblico.

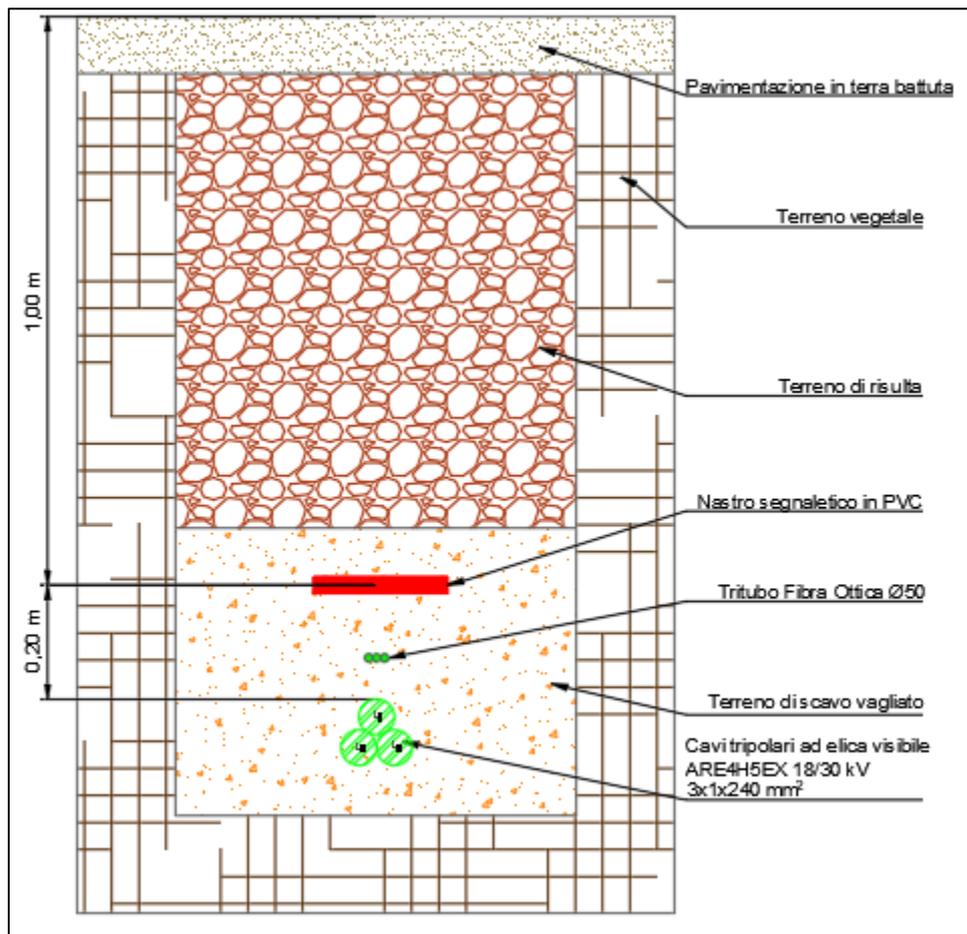
Ciò nonostante, cautelativamente, è stata prevista una profondità di posa non inferiore a 1,2 e 1,6 m rispettivamente per le linee interne al campo e per le dorsali di collegamento con la stazione elettrica RTN di Manfredonia.

La presenza dei cavi sarà rilevabile mediante l'apposito *nastro monitore* posato a non meno di 0,2 m dall'estradosso del cavo ovvero della protezione, come raffigurato nella figura seguente:

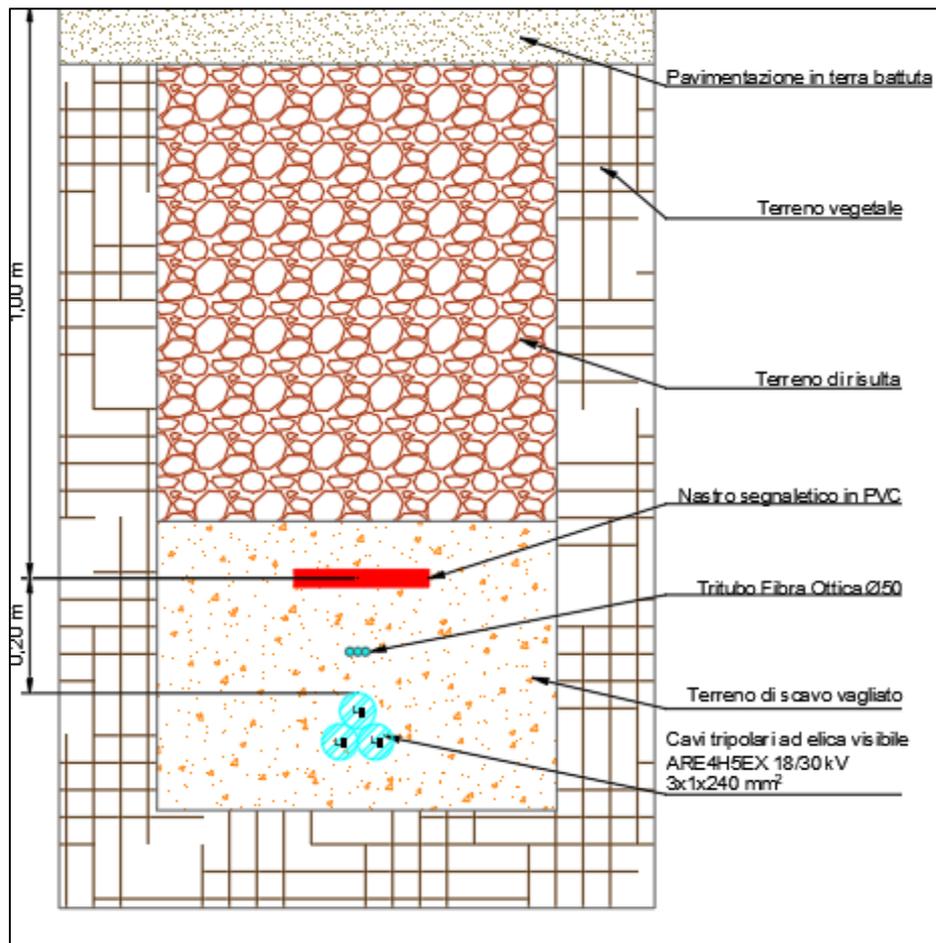
Per entrambe le tipologie di linee, non sono previsti pozzetti o camerette di posa dei cavi in corrispondenza di giunti e deviazioni di tracciato.



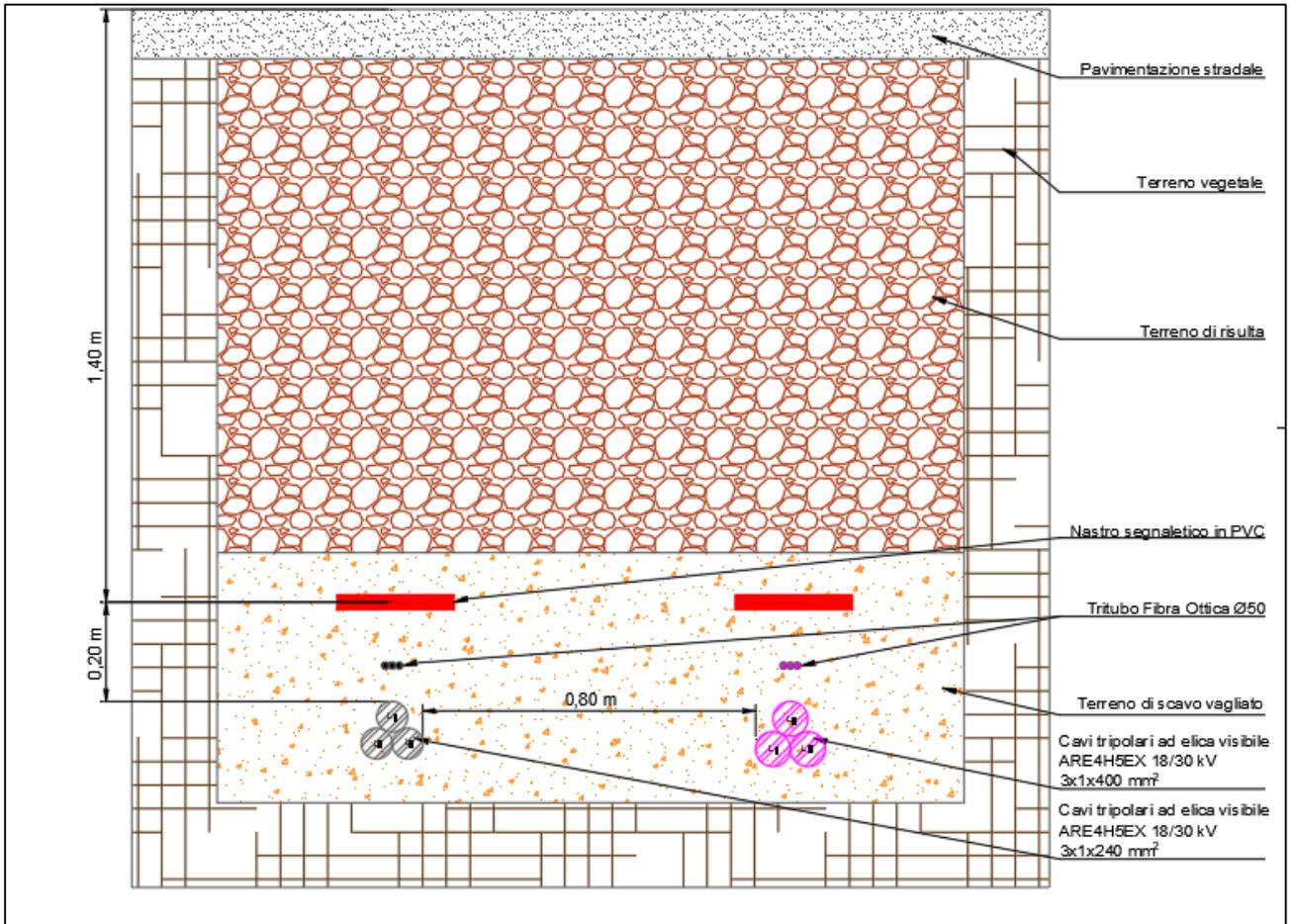
*Figura 14: tipico di posa linee a 30 kV interne al campo Plot 1*



*Figura 15: tipico di posa linee a 30 kV interne al campo Plot 1*



*Figura 16: tipico di posa linee a 30 kV interne al campo Plot 2*



*Figura 17: tipico di posa dorsali a 30 kV*