

00	Novembre 2023	PRIMA EMISSIONE	D. Cavallo	M. Cutini	F. Fellin
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO



**REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA**  
**Provincia di Udine**  
 COMUNI DI PREMARIACCO E REMANZACCO



PROGETTO:

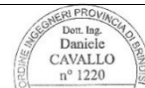
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO “FRIULI 02”**  
 da 39,3 MW<sub>p</sub> di potenza nominale  
 PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)  
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 - PEC r2r.arn@pec.a2.eu

PROGETTISTA:



*Daniele Cavallo*

OGGETTO DELL'ELABORATO:

**RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO ELETTRODOTTI MT**

N° ELABORATO				CODIFICA COMMITTENTE
7				R07

ID ELABORATO: PVFRL02\_R07\_Relazione di calcolo dimensionamento elettrodotti MT\_Rev.0

Questo elaborato è di proprietà di R2R S.r.l. ed è protetto a termini di legge



## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	DATI GENERALI.....	3
2.1	Dati del Proponente .....	3
2.2	Località di realizzazione dell'intervento .....	4
2.3	Destinazione d'uso .....	4
2.4	Dati catastali.....	4
2.5	Connessione .....	5
3	DATI DI PROGETTO.....	6
4	CRITERI DI CALCOLO.....	9
4.1	CALCOLO DELLA PORTATA .....	9
4.2	CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	9
4.3	CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	10
5	RISULTATI.....	11

## 1 INTRODUZIONE

R2R S.r.l. (di seguito anche la “**Società**”), con sede in 38068 Rovereto (TN), Piazza Manifattura n. 1, è una società appartenente al Gruppo A2A., multiutility italiana che, per quanto riguarda il settore energia, copre tutta la catena del valore, operando nella generazione, vendita e distribuzione dell’energia elettrica.

Per quanto riguarda l’iniziativa descritta nel presente elaborato, R2R ha in progetto la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico e delle relative opere e infrastrutture connesse avente una potenza nominale complessiva di 39,3 MW<sub>DC</sub>, denominato “Friuli 02”, sito nel territorio dei Comuni di Premariacco e Remanzacco, in provincia di Udine (di seguito anche il “Parco Fotovoltaico”).

Secondo quanto previsto dal preventivo prot. TERNA P20200035076, relativo alla connessione del Parco Fotovoltaico Friuli 2, Codice Pratica 202000378, rilasciato da Terna S.p.A. in data 11/06/2020 e accettato dalla Società in data 07/10/2020, l’impianto si collegherà, tramite degli elettrodotti interrati previsti in gran parte su strade pubbliche, e per brevi tratti all’interno di proprietà private, alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per l’immissione dell’energia elettrica prodotta attraverso una sottostazione utente di trasformazione e consegna (di seguito anche “SSEU”), prevista nel Comune di Remanzacco, da collegare in antenna a 132 kV con la sezione 132 kV della già esistente Stazione Elettrica (SE) RTN 220/132 kV denominata “Udine Nord Est”.

L’area interessata dal Parco Fotovoltaico ricade su una superficie catastale complessiva di circa 62 ettari, dei quali 48 recintati per l’impianto. Il territorio è caratterizzato da una morfologia pressoché pianeggiante, l’area d’impianto è posta all’incirca tra le quote 95 e 105 m s.l.m.

L’impianto sarà costituito da pannelli fotovoltaici ad alto rendimento che permetteranno di ottenere una produzione annua netta stimata di energia elettrica di circa 61,15 GWh/anno, pari al consumo medio annuo di energia elettrica di 24.500 famiglie.

Il ricorso alla produzione di energia da fonte rinnovabile, quale quella fotovoltaica, costituisce una strategia prioritaria per ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera provocate dalla produzione di energia elettrica mediante processi termici. Questo progetto apporterà infatti importanti benefici ambientali sia in termini di mancate emissioni di inquinanti che di risparmio di combustibile: l’impianto consentirà di evitare l’emissione di circa 27.176 t/anno di anidride carbonica. Il bilancio sull’ambiente sarà pertanto nettamente positivo.

## 2 DATI GENERALI

### 2.1 Dati del Proponente

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	R2R S.R.L.
Indirizzo sede legale	Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)
Codice Fiscale/Partita IVA	02650930221
Capitale Sociale	10.000,00 €
PEC	<a href="mailto:r2r.arn@pec.a2a.eu">r2r.arn@pec.a2a.eu</a>

Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente

## 2.2 Località di realizzazione dell'intervento

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è suddiviso in due blocchi, localizzati rispettivamente nel comune di Remanzacco (UD), Blocco Remanzacco, e nel comune di Premariacco (UD), Blocco Premariacco, all'interno del quale si distinguono due aree impianto: l'Area A e l'Area B.

L'elettrodotto MT 30 kV relativo alle tre aree di impianto interessa entrambi i comuni di Premariacco e Remanzacco (UD).

## 2.3 Destinazione d'uso

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

## 2.4 Dati catastali

I terreni interessati dall'intervento per quanto riguarda le aree di impianto, così come individuati da catasto dei comuni interessati, sono:

- Blocco Premariacco Area A:  
Comune di Premariacco (UD) FG 19 particelle 29, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 65, 66, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 84, 85, 86
- Blocco Premariacco Area B:  
Comune di Premariacco FG 11 particella 213
- Blocco Remanzacco:  
Comune di Remanzacco (UD) FG 12 particelle 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 90, 91, 92, 93, 98, 131, 150, 258

L'area della stazione utente interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Remanzacco (UD):

- FG 12 particella 104

Tutti i terreni su cui saranno installati i moduli fotovoltaici e realizzate le infrastrutture necessarie, risultano di proprietà privata e corrispondono a terreni ad uso prevalentemente agricolo.

Luogo di installazione	Comuni di Premariacco e Remanzacco (UD)
Potenza di Picco (kWp)	39.312 kWp
Potenza in immissione AC	35.500 kW
Informazioni generali del sito	Sito pianeggiante ben raggiungibile da strade statali/provinciali/comunali
Tipo di strutture di sostegno	Inseguitore monoassiale
Coordinate blocco Premariacco A	Latitudine 46° 2' 42.50"N

	Longitudine	13° 20' 37.71"E
Coordinate blocco Premariacco B	Latitudine	46° 2' 52.66"N
	Longitudine	13° 20' 49.61"E
Coordinate blocco Remanzacco	Latitudine	46° 5' 12.86"N
	Longitudine	13° 18' 2.12"E
Coordinate Stazione Utente 132 kV	Latitudine	46° 4' 54.89"N
	Longitudine	13° 18' 8.73"E

Tabella 2-2 – Dati impianto

## 2.5 Connessione

La Società VOLTA GREEN ENERGY S.R.L. ha presentato a Terna S.p.A. ("il Gestore"), in data 02/03/2020, la richiesta di connessione alla RTN. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202000378.

Il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG) in data 11/06/2020 successivamente accettata in data 07/10/2020.

Tale STMG, insieme a tutta la pratica di connessione, è poi stata positivamente volturata alla società R2R S.R.L. in data 25 Febbraio 2022.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV con la sezione 132 kV della Stazione Elettrica (SE) RTN 220/132 kV denominata "Udine Nord Est".

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto inoltre di condividere lo stallo RTN 132 kV nella stazione SE Udine Nord Est con altri impianti di produzione.

La stazione utente di impianto e il nuovo elettrodotto in antenna a 132 kV per il collegamento della stessa alla SE Udine Nord Est costituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 132 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

### 3 DATI DI PROGETTO

Nella seguente tabella si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi. Nel calcolo sono state considerate le condizioni più gravose, a favore della sicurezza.

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete MT	30 kV
Materiale conduttore	Alluminio
Profondità di posa	1,2 m
Temperatura del terreno	20°C
Resistività del terreno	1,5 °C·m/W
Potenza cabina	2,66 / 2,8 / 4,4 MW
Potenza in immissione AC	35,5 MW
Fattore di potenza al punto di connessione	0,94
Caduta di tensione massima ammissibile per ogni tratta	3 %

Tabella 3-1 – Dati di progetto per dimensionamento cavi 30 kV

Le caratteristiche principali dei cavi MT considerati per il progetto, della tipologia ARE4H5E, come disponibili sul mercato, sono riportate nella seguente tabella:

Grandezza	Valore
Tipo	Unipolari
Materiale conduttore	Alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	Alluminio
Guaina esterna	PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
Tensione nominale (U <sub>0</sub> /U/U <sub>m</sub> ):	18/30/36 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Sezione	95 ÷ 500 mm <sup>2</sup>

Tabella 3-2 – Caratteristiche cavi 30 kV

Tali caratteristiche potrebbero essere oggetto di revisione in fase di esecuzione del progetto a seconda di eventuali modifiche delle tensioni di esercizio degli impianti. Il dimensionamento attuale è comunque nella direzione della sicurezza, dal momento che un eventuale aumento delle tensioni di esercizio comporterebbe correnti minori e quindi un maggiore margine sulle sezioni selezionate.

Un esempio del cavo utilizzato per le dorsali 30 kV è riportato nella seguente figura:

## ARE4H5E 18/30kV SR/0,2

### DESCRIZIONE

Cavo unipolare con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE) a spessore ridotto, schermo a nastro di alluminio, guaina in polietilene (PE). Cavo dotato di barriera radiale e longitudinale all'acqua.

#### Applicazioni:

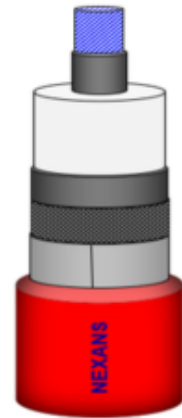
Cavo adatto per posa fissa, in interno o esterno, in aria o direttamente / indirettamente interrato, anche in ambiente umido.

#### Costruzione:

- **Conduttore:** corda rotonda, rigida, compatta di **alluminio** – Cl. 2(IEC 60228)
- **Semiconduttore interno:** mescola semiconduttiva estrusa
- **Isolamento:** mescola estrusa di polietilene reticolato (XLPE)
- **Semiconduttore esterno:** mescola semiconduttiva estrusa – **non pelabile**
- **Barriera longitudinale:** nastro semiconduttivo "water blocking"
- **Schermo e barriera radiale:** nastro di alluminio con applicazione longitudinale (spessore nominale: 0,2 mm)
- **Guaina:** mescola di Polietilene estruso - Colore: **rosso**.

#### Caratteristiche funzionali:

- **Tensione nominale U<sub>0</sub>/U:** 18/30 kV
- **Temperatura max. di esercizio del conduttore:** 90°C
- **Temperatura max. di cortocircuito del conduttore:** 250°C (max 5s)
- **Temperatura max. di cortocircuito dello schermo:** 150°C
- **Temperatura min. di posa:** -25°C
- **Sforzo max. di trazione sul conduttore durante l'installazione:** 50 N/mm<sup>2</sup>
- **Raggio min. di curvatura durante l'installazione:** 14D<sub>cavo</sub>



### NORME

Internazionale HD 620;  
IEC 60502-2

Figura 3-1 – Esempio cavi 30 kV

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle diverse cabine MT.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione le risalite in cabina, sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso; le seguenti tabelle riassumono le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla SSE si riferisce al quadro 30 kV presente nella stazione elettrica di utenza).

Da	A	Distanza (m)	Lunghezza cavi (m)
C03	T02	205	226
C11	T02	275	298
T02	C10	165	185
C10	C09	85	103
C09	T01	8050	8307
C01	C02	275	298

C02	T01	285	309
T01	SSE	385	412
C08	C07	150	170
C07	T03	260	283
C06	C05	325	350
C05	C04	305	329
C04	T03	35	51
T03	SSE	7650	7895

*Tabella 3-3 – Lunghezze cavi MT relativi all'impianto fotovoltaico*



## 4 CRITERI DI CALCOLO

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento, andando a selezionare la sezione minima richiesta in accordo ai seguenti differenti metodi di calcolo richiesti dalle normative:

- Portata nominale
- Tenuta al cortocircuito
- Massima caduta di tensione ammissibile

I calcoli sono stati eseguiti alla luce delle normative vigenti e delle indicazioni dei fornitori principali di cavi della tipologia selezionata, tenendo conto dei dati di progetto, delle condizioni di posa e delle condizioni ambientali.

Le differenti verifiche di dimensionamento sono dettagliate nei seguenti paragrafi.

### 4.1 CALCOLO DELLA PORTATA

Il primo criterio di calcolo da considerare è quello della portata dei cavi in accordo alle condizioni di posa, come specificato dalla normativa di riferimento IEC 60502, "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV)".

In linea con la suddetta norma, per il calcolo delle sezioni effettive dei cavi di distribuzione si sono tenuti in considerazione i coefficienti di riduzione applicati alla portata nominale del cavo scelto, ossia:

- $K_1$  (profondità di posa): 0,95
- $K_2$  (temperatura del suolo): 1,0
- $K_3$  (resistività termica del terreno): 1,0
- $K_4$  (vicinanza di tre terne nello scavo): 0,79 (considerando la sezione di posa più gravosa lungo il percorso, con distanza di 400 mm tra i centri terne)

Per un coefficiente totale di riduzione della portata dei cavi di 0.75.

### 4.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore deve essere verificata secondo la seguente equazione:

$$S_{\min} = (I_{CC} \cdot \sqrt{t}) / K$$

dove:

$I_{cc}$	corrente di corto circuito (A)
$K$	costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale del conduttore sia dal tipo di isolante del cavo scelto, definito dalla Norma CEI 11-17 (tabella 4.2.2)
$t$	tempo di eliminazione del corto circuito

Per quanto riguarda la corrente di corto circuito si considera il valore massimo della corrente di cortocircuito in corrispondenza del quadro MT cui sono collegate le dorsali dell'impianto, in modo da considerare lo scenario peggiore e verificare quindi sicuramente la sezione del cavo in tutti i possibili scenari di esercizio.

### 4.3 CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

La sezione dei cavi di media tensione deve essere infine verificata calcolando la caduta di tensione corrispondente al passaggio della massima corrente di progetto, in modo da rispettare la massima caduta di tensione richiesta.

La caduta di tensione in percentuale può essere calcolata secondo la seguente equazione:

$$\Delta V (\%) = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos j + X \cdot \sin j) / \cdot (I_x \cdot L \cdot V)$$

dove:

$R$ e $X$	sono rispettivamente resistenza e reattanza al km della linea
$L$	è la lunghezza della linea
$I$	è la corrente massima della linea come risultato della somma della corrente degli aerogeneratori connessi alla linea stessa.
$j$	è l'angolo corrispondente al fattore di potenza degli aerogeneratori
$V$	è la tensione nominale della rete in media tensione

## 5 RISULTATI

I risultati delle verifiche di dimensionamento di cui ai paragrafi precedenti sono mostrate nella seguente tabella:

Da	A	Lunghezza cavi (m)	$S_{\min}$ portata (mm <sup>2</sup> )	$S_{\min}$ I <sub>cc</sub> (mm <sup>2</sup> )	$S_{\min}$ $\Delta V$ (mm <sup>2</sup> )	S (mm <sup>2</sup> )	Composizione cavo
C03	T02	226	50	77	35	95	Unipolare
C11	T02	298	50	77	35	95	Unipolare
T02	C10	185	70	77	35	95	Unipolare
C10	C09	103	185	77	35	240	Unipolare
C09	T01	8307	300	77	240	400	Unipolare
C01	C02	298	50	77	35	95	Unipolare
C02	T01	309	50	77	35	95	Unipolare
T01	SSE	412	630	77	35	630	Unipolare
C08	C07	170	50	77	35	95	Unipolare
C07	T03	283	95	77	35	95	Unipolare
C06	C05	350	50	77	35	95	Unipolare
C05	C04	329	50	77	35	95	Unipolare
C04	T03	51	95	77	35	240	Unipolare
T03	SSE	7895	300	77	240	400	Unipolare

Tabella 5-1 – Sezioni cavi 30 kV