



CITTA' DI CASTELLUCCIO DEI SAURI

prov. di Foggia
REGIONE PUGLIA

Impianto Agrivoltaico "Tamariceto" della potenza di 54,473 MW in DC

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



URBA - I 130117 S.R.L
Via G. Giulini,2
20123 Milano (MI)
email PEC: urba130117@legalmail.it

PROGETTAZIONE:



TEKNE srl
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Dott. Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:

Dott. Renato Mansi



TEKNE srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
IL PRESIDENTE
Dott. RENATO MANSI

PD

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA OPERE AT

Tavola:
RE02_MIMIT

Filename:

Data 1°emissione:

Febbraio 2024

Redatto:

S.MEMEO

Verificato:

G.PERTOSO

Approvato:

R.PERTUSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione

1
2
3
4

TKA695

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	1
2. <u>SCOPO</u>	1
3. <u>UBICAZIONE DELL'IMPIANTO</u>	1
4. <u>DESCRIZIONE TECNICA</u>	3
4.1 CRITERI DI SCELTA	3
4.2 DESCRIZIONE GENERALE	3
4.2.1 SOTTOCAMPO	8
4.3 COLLEGAMENTI ELETTRICI IN ALTA TENSIONE E RELATIVI CALCOLI	10
4.3.1 DATI NOMINALI DI IMPIANTO	10
4.3.2 CARATTERISTICHE DEL CAVO DI ALTA TENSIONE	10
4.3.3 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI ALTA TENSIONE	11
4.3.4 VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA CADUTA DI TENSIONE	11
4.3.5 TIPI DI INSTALLAZIONE	11
4.3.6 CALCOLO DELLA PORTATA EFFETTIVA	12
4.3.7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE	12
4.4 CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE	21
4.5 STAZIONE ELETTRICA SE TERNA 380/150/36 kV	24
4.6 MODALITÀ DI SCAVO	27
5. <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	33

PD PROGETTO DEFINITIVO	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	Protocollo TEKNE
	R0	Febbraio 2024	S. MEMEO	G. PERTOSO	R. PERTUSO	TKA695-PD-RE01_MIMIT-R0

1. Premessa

La società **URBA-I S.R.L.** ha disposto di procedere alla progettazione delle opere necessarie per la realizzazione di un **impianto agrivoltaico**, denominato **“TAMARICETO”**, da **54,473 MWp (DC)** nel comune di Castelluccio dei Sauri in provincia di Foggia.

Dal punto di vista catastale, l'area di progetto ricade nel Catasto Terreni di Castelluccio dei Sauri (FG) al Fg. 17 p.lle 253-32-42-43-48-103-14-49-159-100-233-357-31-39-50-362-364-358-315-353; Fg.18 p.lle 176-289-321-322-323; Fg. 19 p.lle 15-157-85-118-119-106-158-159-132-12-51-113-114-115-109-110.

L'energia prodotta dall'impianto sarà ceduta alla rete elettrica di distribuzione in AT, in base alle condizioni definite dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) e le prescrizioni redatte dalla società TERNA S.p.a.

2. Scopo

Scopo del presente documento è la relazione tecnica del progetto definitivo di un impianto agrivoltaico, denominato “Tamariceto”, ubicato nel Comune di Castelluccio dei Sauri (FG), in conformità a quanto indicato nella Norma CEI 0-2 (2002-09) e dall'art. 93 comma 4 del Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163.

3. Ubicazione dell'impianto

La località d'installazione dell'impianto fotovoltaico è: Castelluccio dei Sauri (FG).

L'area in oggetto si trova ad un'altitudine media di m 300 s.l.m. e si suddivide in 6 lotti adiacenti tra loro.

Le coordinate geografiche di riferimento per il campo agrivoltaico, nel sistema WGS84 sono:

Latitudine: **41° 16' 17.71" N**

Longitudine: **15° 30' 18.52" E**

L'area di intervento dista circa 4 km a Sud dal centro abitato di Castelluccio dei Sauri (FG) ed è raggiungibile attraverso la Strada Provinciale n.106 e la Strada Provinciale n.107.

La superficie dell'area (recintata) di intervento sarà pari a circa 81 ha.

La stazione elettrica censita nel NCT al Fg. 13 p.lle 265-26-22-266-426-404-16-49-258-513-262-12-44-260-264, si trova sempre nel comune di Castelluccio dei Sauri (FG) ad un'altitudine di 185 m s.l.m. e

dista 2,7 km circa dal centro abitato in direzione est. La superficie della stazione elettrica sarà pari a circa 10 ha.

I dati geografici (sist.rif. Geografico WGS 84) di riferimento della suddetta località sono:

Latitudine: **41°18'26.79" N**;

Longitudine: **15°31'1.99" E**

4. Descrizione tecnica

4.1 Criteri di scelta

Al fine di massimizzare la produzione di energia annuale, compatibilmente con le aree a disposizione, si è adottato di suddividere l'impianto in 26 sottocampi e di trasformare l'energia elettrica da bassa tensione ad Alta tensione (36 kV) in ogni singolo trasformatore previsto per ogni sottocampo.

La conversione da corrente continua in corrente alternata è effettuata, invece, mediante un numero variabile di inverter trifase di stringa per ogni sottocampo. Ciascun inverter sarà collegato ad un quadro AC e quindi poi al singolo trasformatore del sottocampo.

4.2 Descrizione generale

Le parti che compongono il sistema fotovoltaico sono:

- generatore fotovoltaico
- strutture di sostegno ed ancoraggio (tracker)
- cavi, cavidotti,
- inverter di stringa cc/ca
- quadro AC
- trasformatori AT/bt
- cabine di raccolta AT
- trasformatori AT/mt

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da un totale di 3463 stringhe fotovoltaiche singolarmente sezionabili formate da 26 moduli in serie e quindi complessivamente sarà composto da 90.038 moduli fotovoltaici con potenza unitaria di 605Wp. La potenza totale installata sarà di **54.473 kWp**.

Da un punto di vista elettrico il sistema fotovoltaico è stato suddiviso in 26 campi indipendenti.

I sottocampi sono costituiti ciascuno da un numero variabile di inverter di stringa (di seguito specificato in dettaglio per ogni sottocampo) composti da stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo. Gli inverter avranno una potenza nominale di 125kW con uscita a 800Vac.

Le uscite degli inverter vengono quindi portate ad un quadro AC, facente parte della stazione di trasformazione, che risulterà collegato, mediante opportune protezioni, al rispettivo trasformatore AT/bt 0.8/36kV di potenza variabile pari da 1600kVA a 2000kVA.

All'interno del campo sono state previste 4 cabine di raccolta collegate ad 1 cabina di raccolta generale e 6 Cabine locali tecnici per servizi ausiliari collocate in punti significativi all'interno delle aree di impianto.

La rete di cavi interna ai campi prevede 3 Feeder e 4 Ring le quali saranno costituiti da un numero variabile di sottocampi così come descritto qui di seguito:

- Feeder 1: TR1-TR2
- Feeder 2: TR3
- Feeder 3: TR4-TR5
- Ring 1: TR6-TR7-TR8-TR9-TR10-TR26
- Ring 2: TR14-TR15-TR20-TR21
- Ring 3: TR11-TR12-TR16-TR17
- Ring 4: TR13-TR18-TR19-TR22-TR23-TR24-TR25

Le Cabine di raccolta sono invece collegate tra di loro attraverso 4 cavi:

- Ext 1: PDL1-PDL2
- Ext 2: PDL2-PDL5
- Ext 3: PDL5-PDL3
- Ext 4: PDL3-PDL4

Dalla Cabina di raccolta generale (PDL4) partirà la linea in AT a 36kV (EXT) che si conetterà direttamente alla stazione elettrica Terna di futura realizzazione.

Di seguito il dettaglio di ogni campo:

Campo TR13

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	100
N° Moduli fotovoltaici	100x26=2600
Potenza complessiva DC	2600x605Wp=1573 kWp
N° Inverter di stringa	12
Potenza tot. Inverter	12x125 kVA=1500 kVA

Potenza Trasformatori 1x1600Kva

Campo TR11

Potenza unitaria modulo 605 Wp
N° Stringhe 101
N° Moduli fotovoltaici $101 \times 26 = 2626$
Potenza complessiva DC $2626 \times 605 \text{ Wp} = 1588,73 \text{ kWp}$
N° Inverter di stringa 12
Potenza tot. Inverter $12 \times 125 \text{ kVA} = 1500 \text{ kVA}$
Potenza Trasformatori 1x1600Kva

Campo TR12

Potenza unitaria modulo 605 Wp
N° Stringhe 103
N° Moduli fotovoltaici $103 \times 26 = 2678$
Potenza complessiva DC $2678 \times 605 \text{ Wp} = 1620,190 \text{ kWp}$
N° Inverter di stringa 12
Potenza tot. Inverter $12 \times 125 \text{ kVA} = 1500 \text{ kVA}$
Potenza Trasformatori 1x1600Kva

Campo TR4

Potenza unitaria modulo 605 Wp
N° Stringhe 104
N° Moduli fotovoltaici $104 \times 26 = 2704$
Potenza complessiva DC $2704 \times 605 \text{ Wp} = 1635,92 \text{ kWp}$
N° Inverter di stringa 12
Potenza tot. Inverter $12 \times 125 \text{ kVA} = 1500 \text{ kVA}$
Potenza Trasformatori 1x1600Kva

Campo TR5

Potenza unitaria modulo 605 Wp
N° Stringhe 108
N° Moduli fotovoltaici $108 \times 26 = 2808$

Potenza complessiva DC	2808x605Wp=1698,84 kWp
N° Inverter di stringa	12
Potenza tot. Inverter	12x125 kVA=1500 kVA
Potenza Trasformatori	1x1600Kva

Campo TR3-TR26

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	124
N° Moduli fotovoltaici	124x26=3224
Potenza complessiva DC	3224x605Wp=1950,52 kWp
N° Inverter di stringa	15
Potenza tot. Inverter	15x125 kVA=1875 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000Kva

Campo TR6-TR8-TR10

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	130
N° Moduli fotovoltaici	130x26=3380
Potenza complessiva DC	3380x605Wp=2044,90 kWp
N° Inverter di stringa	16
Potenza tot. Inverter	16x125 kVA=2000 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000Kva

Campo TR7-TR9

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	131
N° Moduli fotovoltaici	131x26=3406
Potenza complessiva DC	3406x605Wp=2060,63 kWp
N° Inverter di stringa	16
Potenza tot. Inverter	16x125 kVA=2000 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000Kva

Campo TR1

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	143
N° Moduli fotovoltaici	143x26=3718
Potenza complessiva DC	3718x605Wp=2249,39 kWp
N° Inverter di stringa	16
Potenza tot. Inverter	16x125 kVA=2000 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000Kva

Campo TR2

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	144
N° Moduli fotovoltaici	144x26=3744
Potenza complessiva DC	3744x605Wp=2265,12 kWp
N° Inverter di stringa	16
Potenza tot. Inverter	16x125 kVA=2000 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000Kva

Campo TR18-TR21-TR23-TR24

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	146
N° Moduli fotovoltaici	146x26=3796
Potenza complessiva DC	3796x605Wp=2296,58 kWp
N° Inverter di stringa	16
Potenza tot. Inverter	16x125 kVA=2000 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000Kva

Campo TR14-TR15-TR16-TR17-TR19-TR20-TR22-TR25

Potenza unitaria modulo	605 Wp
N° Stringhe	147
N° Moduli fotovoltaici	147x26=3822
Potenza complessiva DC	3822x605Wp=2312,31 kWp
N° Inverter di stringa	16

Potenza tot. Inverter 16x125 kVA=2000 kVA
 Potenza Trasformatori 1x2000Kva

4.2.1 Sottocampo

Le caratteristiche tecniche di ciascuna tipologia di sottocampo sono riportate sinteticamente nella tabella seguente.

Parallelo di 10 stringhe

DC ¹	Potenza nominale, Pn:	157,30 kWp ¹
	Numero di stringhe in parallelo	10
	Numero di moduli totali	260
	Numero ingressi inverter	6x2
	Dimensioni in pianta (indicative):	706,5 m ²
Moduli fotovoltaici ¹	Tipo:	LONGi Hi-MO7-605W
	Potenza di picco nominale Pm:	605W
	Tensione alla potenza massima Vm:	43,5 Vdc
	Corrente alla potenza massima Im:	13,91 A
	Tensione a circuito aperto Voc:	51,31 V
	Corrente di corto circuito Isc:	14,7 A

Parallelo di 9 stringhe

DC ¹	Potenza nominale, Pn:	141,57 kWp ¹
	Numero di stringhe in parallelo	9
	Numero di moduli totali	234
	Numero ingressi inverter	6x2
	Dimensioni in pianta (indicative):	635,85 m ²
Moduli fotovoltaici ¹	Tipo:	LONGi Hi-MO7-605W
	Potenza di picco nominale Pm:	605W
	Tensione alla potenza massima Vm:	43,5 Vdc
	Corrente alla potenza massima Im:	13,91 A
	Tensione a circuito aperto Voc:	51,31 V
	Corrente di corto circuito Isc:	14,7 A

Parallelo di 8 stringhe

DC ¹	Potenza nominale, Pn:	125,84 kWp ¹
	Numero di stringhe in parallelo	8
	Numero di moduli totali	208
	Numero ingressi inverter	6x2
	Dimensioni in pianta (indicative):	565,2 m ²
Moduli fotovoltaici ¹	Tipo:	LONGi Hi-MO7-605W
	Potenza di picco nominale Pm:	605W
	Tensione alla potenza massima Vm:	43,5 Vdc
	Corrente alla potenza massima Im:	13,91 A
	Tensione a circuito aperto Voc:	51,31 V
	Corrente di corto circuito Isc:	14,7 A

Tipologia inverter utilizzate nei campi

Inverter	Numero:	394
	Tipo:	SUNGROW SG125HX
	Range operativo di tensione:	0 ÷ 1500 Vcc
	Range di tensione in MPPT:	500 ÷ 1500 Vcc
	Potenza nominale lato corrente alternata:	125kVA @ 40°C
	Tensione nominale:	680-880 V trifase a 50 Hz
	Fattore di potenza:	1

4.3 Collegamenti elettrici in Alta tensione e relativi calcoli

4.3.1 Dati nominali di impianto

Tensione nominale: 36 kV $\pm 5\%$
 Frequenza nominale: 50 Hz $\pm 2\%$
 Sistema di collegamento del neutro: isolato.

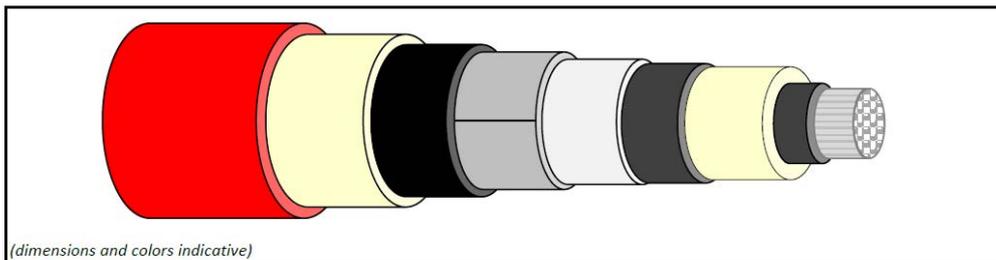
4.3.2 Caratteristiche del cavo di Alta tensione

Cavo armato per posa direttamente interrata: **ARE4H5(AR)E 26/45 kV**

1 - Conductor:	Stranded Aluminium Wires
2 - Conductor Screen:	Extruded semi-conducting compound
3 - Insulation:	XLPE Compound
4 - Insulation Screen:	Extruded semi-conducting compound
5 - Semi-conducting Swelling Tape	
6 - Metallic Screen:	Aluminium Tape
7 - Inner Covering:	PE, black colour
8 - Air Bag Layer:	Schock Absorber Compound
9 - Oversheath:	PE, red colour

Technical Characteristics

Design standard:	IEC60502-2 a.f.a.a.
Voltage rating:	26/45 kV
Maximum conductor temperature:	90°C
Maximum bending radius during laying:	14D
Operating temperature/during laying:	-40°C - 90°C



4.3.3 Dimensionamento dei cavi di Alta tensione

Il dimensionamento dei cavi in media tensione, ovvero la determinazione della sezione ottimale, è eseguita tenendo in considerazione i seguenti parametri:

- modalità di installazione secondo le Norme IEC e CEI-UNEL
- temperatura di riferimento dell'aria 40°C
- temperatura di riferimento del terreno 20°C a 1 m di profondità
- resistività termica massima del terreno 1°K m/W

I suddetti dati sono in accordo a quanto indicato nell'appendice A della Norma CEI 20-21.

Inoltre, per il dimensionamento dei cavi è utilizzata la loro corrente di impiego.

Pertanto, il dimensionamento dei cavi è realizzato considerando il seguente schema operativo:

- dimensionamento termico in riferimento alla massima temperatura sopportabile dall'isolamento dei cavi, nelle normali condizioni di esercizio e di corto circuito, definendo la corrente di impiego (I_b), la portata e considerando le reali condizioni di posa rispetto alle condizioni ideali di riferimento;
- verifica della caduta di tensione ammissibile;
- verifica della massima corrente di corto circuito sopportabile dal cavo.

4.3.4 Valori massimi ammissibili della caduta di tensione

La massima caduta di tensione ammissibile riferita, alla tensione nominale di funzionamento dell'impianto per ogni tipo di alimentazione è il 2%.

4.3.5 Tipi di installazione

In accordo alle modalità di installazione espresse dalla Norma CEI 11-17 i tipi di installazione previsti e adottati per l'impianto in esame sono:

Cavi unipolari e multipolari interrati direttamente nel terreno: tipo di installazione "L-M1-M2" per la Norma CEI 11-17.

Per i cavi unipolari si adotta la disposizione a trifoglio, con terne separate di una distanza pari a due volte il diametro esterno del cavo. I cavi tripolari vengono posati a una distanza pari al diametro esterno del cavo.

4.3.6 Calcolo della portata effettiva

La portata di un cavo (I_z) è determinata in base ai seguenti fattori:

- temperatura dell'ambiente circostante,
- presenza o meno di conduttori attivi adiacenti,
- reale tipo di installazione.

Normalmente le portate non corrette dei cavi sono riferite dalle Norme alla sotto indicata condizione di installazione di riferimento:

- 30°C come temperatura ambiente di riferimento per i cavi posati in aria,
- 20°C come temperatura ambiente di riferimento per i cavi interrati,
- assenza di conduttori attivi adiacenti a quello in esame.

Pertanto, verranno impiegati opportuni coefficienti di correzione per determinare l'effettivo valore della portata di un cavo (I'_z) riferita alle reali condizioni di posa.

Questi coefficienti saranno:

K1 coefficiente di correzione della temperatura ambiente (la temperatura ambiente è da intendersi come la temperatura riferita all'ambiente di posa)

K2 coefficiente di correzione per profondità di posa

K3 coefficiente di correzione per resistività del terreno diversa da 1 m °K/W.

K4 coefficiente di correzione per presenza di conduttori adiacenti

L'effettiva portata di un cavo sarà:

$$I'_z = I_z * K1 * K2 * K3 * K4$$

4.3.7 Dimensionamento e verifiche

Dimensionamento termico

I calcoli di dimensionamento termico dei cavi sono eseguiti per assicurare che la temperatura finale del cavo non superi la temperatura massima ammissibile per i componenti al fine di evitare un loro rapido deterioramento.

Il dimensionamento termico considera i seguenti fattori:

- temperatura di riferimento dell'aria ambiente 30°C
- temperatura di riferimento del suolo 20°C
- resistività termica del terreno 1°C m/W

- temperatura massima in condizioni di esercizio normali 105°C
- temperatura massima in condizioni di corto circuito 300°C
- tipo di conduttore alluminio
- tipo di isolamento HEPR
- tensione di riferimento 18/30 kV
- portata teorica dei cavi
- coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa.

Verifica della massima corrente di corto circuito sopportabile

La corrente ammissibile durante il corto circuito di un cavo è limitata dalla massima temperatura ammissibile per il conduttore e dalla durata del corto circuito.

Per i cavi isolati in mescola elastomerica reticolata di qualità HEPR la massima temperatura ammessa al termine del corto circuito è di 300°C.

La durata del corto circuito è in funzione del tempo di intervento delle protezioni che può essere stabilito in 500ms.

Il valore di corrente di corto circuito impiegato nei calcoli di verifica è assunto pari alla corrente di corto circuito ammissibile per il sistema di media tensione a 30 kV (16 kA). Viene trascurato il contributo dei motori asincroni di media e bassa tensione, in quanto essendo un fenomeno transitorio che si esaurisce in pochi periodi successivi all'insorgere del guasto, non ha influenza sul comportamento termico del cavo.

La corrente può essere determinata con la seguente formula:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}}$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito (A)
- S sezione del conduttore di rame (mm²)
- t durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni)
- K coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito.

Con temperatura del conduttore all'inizio di 105°C e alla fine del corto circuito di 3000°C per conduttore di rame K=143, per conduttore di alluminio K=87.

La suddetta formula consente di verificare che la sezione scelta è in grado di sopportare la massima corrente di guasto prevista per il sistema di media tensione in esame in funzione del tempo di intervento delle protezioni rispettando i limiti ammissibili di temperatura.

Verifica della massima caduta di tensione

Il dimensionamento delle condutture elettriche deve essere tale da mantenere, in condizioni normali di esercizio, la caduta di tensione tra l'origine dell'impianto utilizzatore e qualunque apparecchio utilizzatore entro i limiti ammessi e definiti.

La caduta di tensione in linea è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = K \times L \times I \times (R \times \cos\varphi + X \times \sin\varphi)$$

nella quale:

- L = lunghezza della linea espressa in km
- I = corrente di impiego o corrente di taratura espressa in A
- R = resistenza (a 80°) della linea in Ω
- X = reattanza della linea in Ω
- $\cos\varphi$ = fattore di potenza
- k = 1,73 per linee trifasi.

Se un cavo di determinata sezione, calcolata secondo i criteri di dimensionamento espressi al paragrafo 6.4.3, soddisfa le verifiche esposte al paragrafo 6.4.7, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate e per l'alimentazione dell'utenza in esame.

Dimensionamento linea di connessione alla SE a 36 kV - EXT

potenza impianto	54,473	MW
tensione	36	kV
corrente	874,65	A
lunghezza cavidotto	5705	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	4,2	5	0,4430	2,130%	2,125%
120	281	3,1	4	0,2530	1,520%	1,517%
185	351	2,5	3	0,1640	1,314%	1,311%
300	459	1,9	2	0,1000	1,202%	1,199%
630	689	1,3	2	0,0469	0,564%	0,562%

Dimensionamento linea di collegamento tra le cabine di raccolta a 36 kV – EXT1

potenza impianto	9,8	MW
tensione	36	kV
corrente	157,35	A
lunghezza cavidotto	2400	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	0,8	1	0,4430	0,806%	0,804%
120	281	0,6	1	0,2530	0,460%	0,459%
185	351	0,4	1	0,1640	0,298%	0,298%
300	459	0,3	1	0,1000	0,182%	0,181%
630	689	0,2	1	0,0469	0,085%	0,085%

Dimensionamento linea di collegamento tra le cabine di raccolta a 36 kV – EXT2

potenza impianto	22,006	MW
tensione	36	kV
corrente	353,34	A
lunghezza cavidotto	815	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	1,7	2	0,4430	0,307%	0,307%
120	281	1,3	2	0,2530	0,175%	0,175%
185	351	1,0	2	0,1640	0,114%	0,113%
300	459	0,8	1	0,1000	0,139%	0,138%
630	689	0,5	1	0,0469	0,065%	0,065%

Dimensionamento linea di collegamento tra le cabine di raccolta a 36 kV – EXT3

potenza impianto	31,3	MW
tensione	36	kV
corrente	502,56	A
lunghezza cavidotto	350	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	2,4	3	0,4430	0,125%	0,125%
120	281	1,8	2	0,2530	0,107%	0,107%
185	351	1,4	2	0,1640	0,069%	0,069%
300	459	1,1	2	0,1000	0,042%	0,042%
630	689	0,7	1	0,0469	0,040%	0,040%

Dimensionamento linea di collegamento tra le cabine di raccolta a 36 kV – EXT4

potenza impianto	39,1	MW
tensione	36	kV
corrente	627,80	A
lunghezza cavidotto	790	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	3,0	4	0,4430	0,265%	0,264%
120	281	2,2	3	0,2530	0,201%	0,201%
185	351	1,8	2	0,1640	0,196%	0,195%
300	459	1,4	2	0,1000	0,119%	0,119%
630	689	0,9	1	0,0469	0,112%	0,112%

Dimensionamento linea di connessione Feeder 1 a 36 kV

potenza feeder	4,6	MW
tensione	36	kV
corrente	73,86	A
lunghezza cavidotto	530	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	0,4	1	0,4430	0,084%	0,083%
120	281	0,3	1	0,2530	0,048%	0,048%
185	351	0,2	1	0,1640	0,031%	0,031%
300	459	0,2	1	0,1000	0,019%	0,019%
630	689	0,1	1	0,0469	0,009%	0,009%

Dimensionamento linea di connessione Feeder 2 a 36 kV

potenza feeder	2,6	MW
tensione	36	kV
corrente	41,75	A
lunghezza cavidotto	160	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	0,2	1	0,4430	0,014%	0,014%
120	281	0,1	1	0,2530	0,008%	0,008%
185	351	0,1	1	0,1640	0,005%	0,005%
300	459	0,1	1	0,1000	0,003%	0,003%
630	689	0,1	1	0,0469	0,002%	0,002%

Dimensionamento linea di connessione Feeder 3 a 36 kV

potenza feeder	2,8	MW
tensione	36	kV
corrente	44,95	A
lunghezza cavidotto	510	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	0,2	1	0,4430	0,049%	0,049%
120	281	0,2	1	0,2530	0,028%	0,028%
185	351	0,1	1	0,1640	0,018%	0,018%
300	459	0,1	1	0,1000	0,011%	0,011%
630	689	0,1	1	0,0469	0,005%	0,005%

Dimensionamento linea di connessione Ring 1 a 36 kV

potenza anello	12,3	MW
tensione	36	kV
corrente	197,49	A
lunghezza cavidotto	1680	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	1,0	1	0,4430	0,708%	0,706%
120	281	0,7	1	0,2530	0,404%	0,403%
185	351	0,6	1	0,1640	0,262%	0,261%
300	459	0,4	1	0,1000	0,160%	0,159%
630	689	0,3	1	0,0469	0,075%	0,075%

Dimensionamento linea di connessione Ring 2 a 36 kV

potenza anello	9,3	MW
tensione	36	kV
corrente	149,32	A
lunghezza cavidotto	910	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	0,7	1	0,4430	0,290%	0,289%
120	281	0,5	1	0,2530	0,166%	0,165%
185	351	0,4	1	0,1640	0,107%	0,107%
300	459	0,3	1	0,1000	0,065%	0,065%
630	689	0,2	1	0,0469	0,031%	0,031%

Dimensionamento linea di connessione Ring 3 a 36 kV

potenza anello	7,9	MW
tensione	36	kV
corrente	126,84	A
lunghezza cavidotto	1180	m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	0,6	1	0,4430	0,319%	0,319%
120	281	0,5	1	0,2530	0,182%	0,182%
185	351	0,4	1	0,1640	0,118%	0,118%
300	459	0,3	1	0,1000	0,072%	0,072%
630	689	0,2	1	0,0469	0,034%	0,034%

Dimensionamento linea di connessione Ring 4 a 36 kV

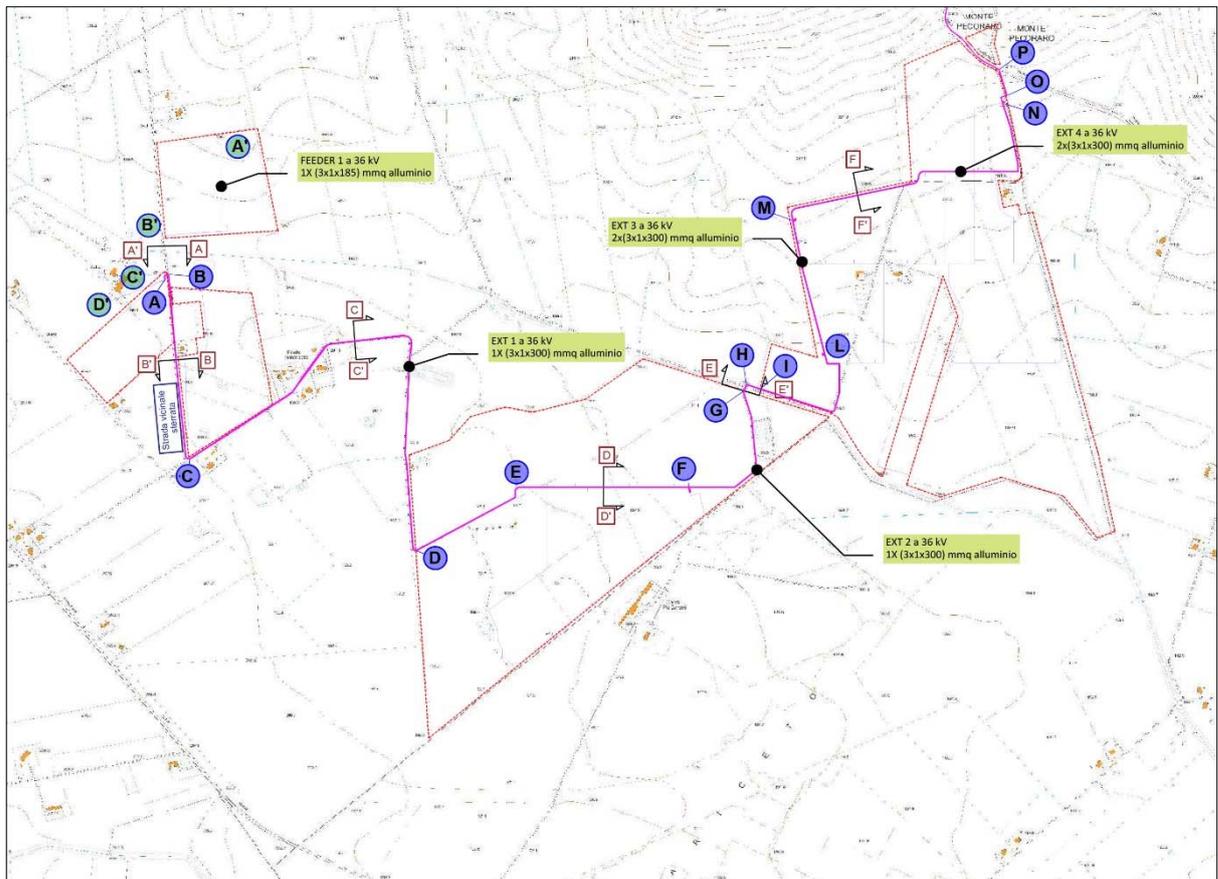
potenza anello	15, MW
tensione	36 kV
corrente	247,27 A
lunghezza cavidotto	1950 m

cavo ARE4H5(AR)E 26/45 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
70	206	1,2	2	0,4430	0,514%	0,513%
120	281	0,9	1	0,2530	0,588%	0,586%
185	351	0,7	1	0,1640	0,381%	0,380%
300	459	0,5	1	0,1000	0,232%	0,232%
630	689	0,4	1	0,0469	0,109%	0,109%

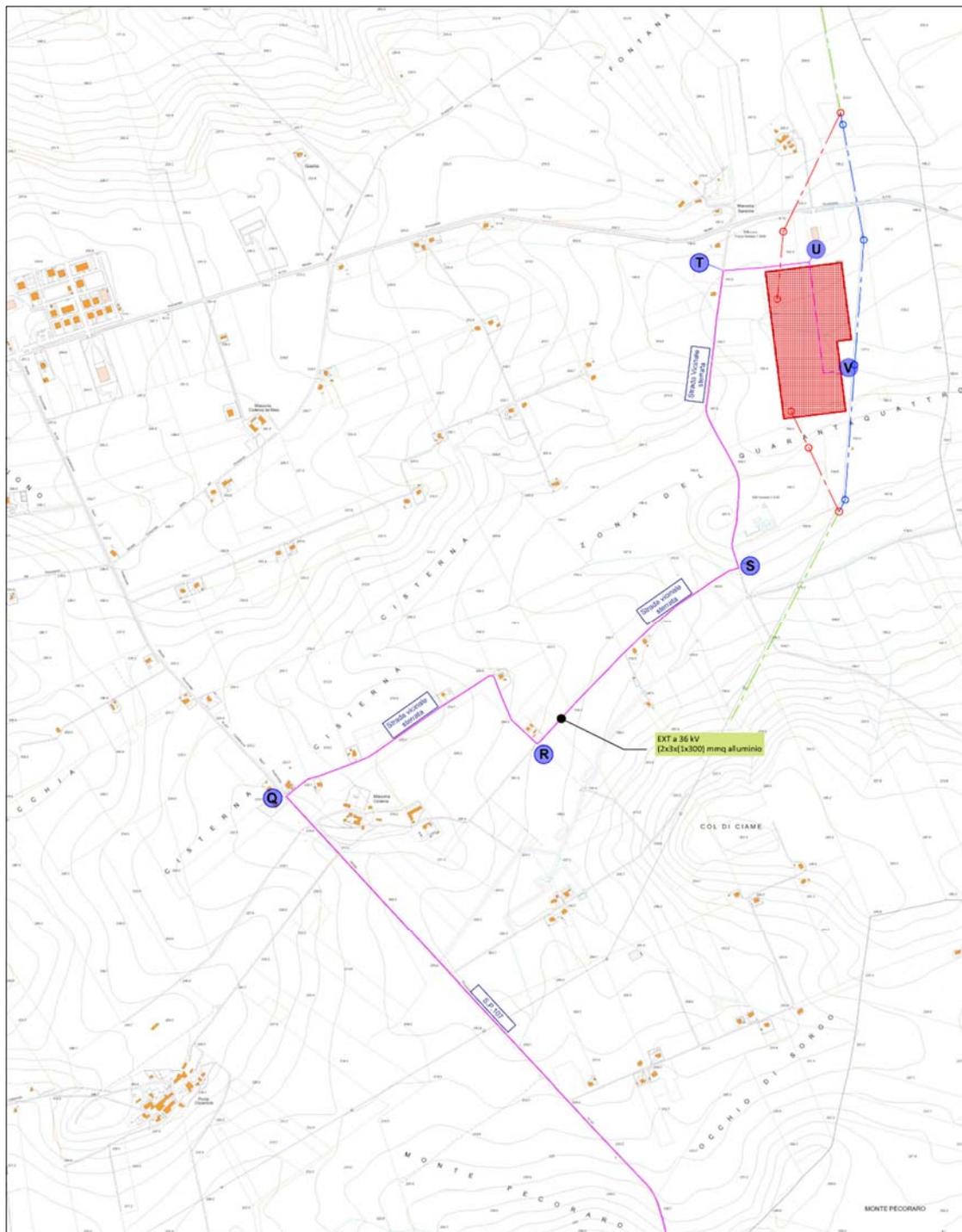
4.4 Connessione alla rete elettrica nazionale

A circa 5,3 km (percorso cavidotto) in direzione nord dal sito oggetto d'intervento avverrà il collegamento tra l'impianto e la futura **Stazione Elettrica di TERNA SpA** in agro del Comune di **Castelluccio dei Sauri (FG)**.

Dalla Cabina di Consegna ubicata all'interno dell'impianto agrivoltaico, sito nel Comune di Castelluccio dei Sauri (FG), partirà una linea in AT che si conetterà alla nuova Stazione Elettrica di proprietà Terna SpA.



Percorso cavidotto su base CTR (rif. elaborato AR07.2.1)



Percorso cavidotto su base CTR (rif. elaborato AR07.2.2)

Il percorso cavidotto AT prevede l'interramento di una terna di cavi a 36 kV lungo il seguente tratto di collegamento tra i lotti:

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA DI RACCOLTA 1 A CABINA DI RACCOLTA 2			
	Tipologia	Denominazione	L (m)
A-B	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	20
B-C	Tratto su Strada sterrata	-	465
C-D	Tratto su Strada sterrata	-	1180
D-E	Tratto su Strada Sterrata	Area impianto	275
E-F	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	460
			2400
CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA DI RACCOLTA 2 A CABINA DI RACCOLTA 3			
F-G	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	395
G-H	Tratto su Strada sterrata	-	20
H-I	Tratto su terreno agricolo	-	35
I-L	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	365
			815

E l'interramento di due terne di cavi a 36 kV lungo il seguente tratto :

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA DI RACCOLTA 3 A CABINA DI RACCOLTA 4			
	Tipologia	Denominazione	L(m)
L-M	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	350
			350
CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA DI RACCOLTA 4 A CABINA DI RACCOLTA GENERALE			
M-N	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	790
			790
CAVIDOTTO DI CONNESSIONE ESTERNO DA CABINA DI RACCOLTA GENERALE A STAZIONE ELETTRICA			
	Tipologia	Denominazione	L(m)
N-O	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	35
O-P	Tratto su Strada sterrata	-	65
P-Q	Tratto su Strada asfaltata	S.P. 107	2185
Q-R	Tratto su Strada sterrata	-	1000
R-S	Tratto su Strada sterrata	-	825
S-T	Tratto su Strada sterrata	-	950
T-U	Tratto su terreno agricolo	-	265
U-V	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	380
			5705

Il percorso cavidotto AT ha quindi una lunghezza totale di **4355 metri** di cavidotto di collegamento tra lotti e **5705 metri** di cavidotto di consegna alla SE, per un totale di 10060 metri di cavidotto in alta tensione.

Per i dettagli dei singoli tratti che costituiscono il cavidotto e per i particolari delle sezioni far riferimento all'elaborato "AR07.2 – Cavidotto di connessione-Percorso ed opere da realizzare su base CTR".

4.5 Stazione elettrica SE Terna 380/150/36 kV

Al fine di consentire la connessione alla RTN di impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, è necessaria l'autorizzazione e la successiva costruzione di una Stazione Elettrica di TERNA Spa in agro del Comune di Castelluccio dei Sauri (FG) a 380/150/36 kV da inserire in entrata alla linea RTN 380 kV "Deliceto – Foggia" e denominata "Castelluccio dei Sauri". La SE di trasformazione 380/150/36 kV della RTN, funzionale sia alla connessione di diversi impianti di produzione che alla magliatura della rete, sarà pertanto dotata anche del nuovo livello di tensione 36 kV, così come previsto dal Codice di Rete per impianti di produzione con potenze fino a 100 MW.

La nuova stazione elettrica sarà quindi composta da una sezione a 380 kV, da due sezioni a 150 kV e da 4 sezioni 36 kV. Di seguito si elenca la configurazione proposta della stazione:

La sezione a 380 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita, nella sua massima estensione, da:

- 1 sistema a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su un lato;
- 2 stalli linea (Foggia e Deliceto);
- 3 passi sbarra disponibili per future esigenze di rete;
- 3 stalli primario autotrasformatore 380/150 kV (ATR);
- 2 stalli per il parallelo sbarre di tipo basso;
- 6 stalli primario trasformatore 380/36 kV (TR).

Le sezioni a 150 kV saranno due, entrambe del tipo unificato TERNA con isolamento in aria. La sezione 1 sarà costituita, nella sua massima estensione, da:

- 1 sistema a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su un lato;
- 2 stalli secondario autotrasformatore (ATR);

- N. 2 stalli linea (Castelluccio Satellite e connessione produttori FER);
- N.2 passi sbarra disponibili per future esigenze di rete;
- N.2 stalli per il parallelo sbarre di tipo basso;
- N.1 stallo per il congiuntore longitudinale.

La sezione 2 sarà costituita, nella sua massima estensione, da:

- N.1 sistema a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su un lato;
- N.1 stallo secondario autotrasformatore (ATR);
- N.3 stalli linea (Castelluccio Satellite e 2 connessioni produttori FER);
- N.2 passi sbarra disponibili per future esigenze di rete;
- N.2 stalli per il parallelo sbarre di tipo basso;
- N.1 stallo per il congiuntore longitudinale.

I macchinari previsti consisteranno, nella loro massima estensione, in:

- N. 3 ATR 400/155 kV, ognuno di potenza 400 MVA;
- N. 18 trasformatori monofase 380/36 kV, per una potenza di 250 MVA ogni stallo e 1.500 MVA complessivi.

Ogni “montante linea” (o “stallo linea”), sia 380 kV che 150 kV, sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6, sezionatore di linea orizzontale con lame di terra, TV e TA per protezioni e misure e scaricatore di sovratensione.

Ogni “montante autotrasformatore” o “stallo ATR” sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6, scaricatori di sovratensione ad ossido di zinco e TA per protezioni e misure (queste apparecchiature saranno fornite in ugual misura sia sul lato 380 kV che sul lato 150 kV della macchina). I montanti “parallelo sbarre”, sia 380 kV che 150 kV, saranno equipaggiati con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6 e TA per protezione e misure, ed ognuno interesserà 2 stalli.

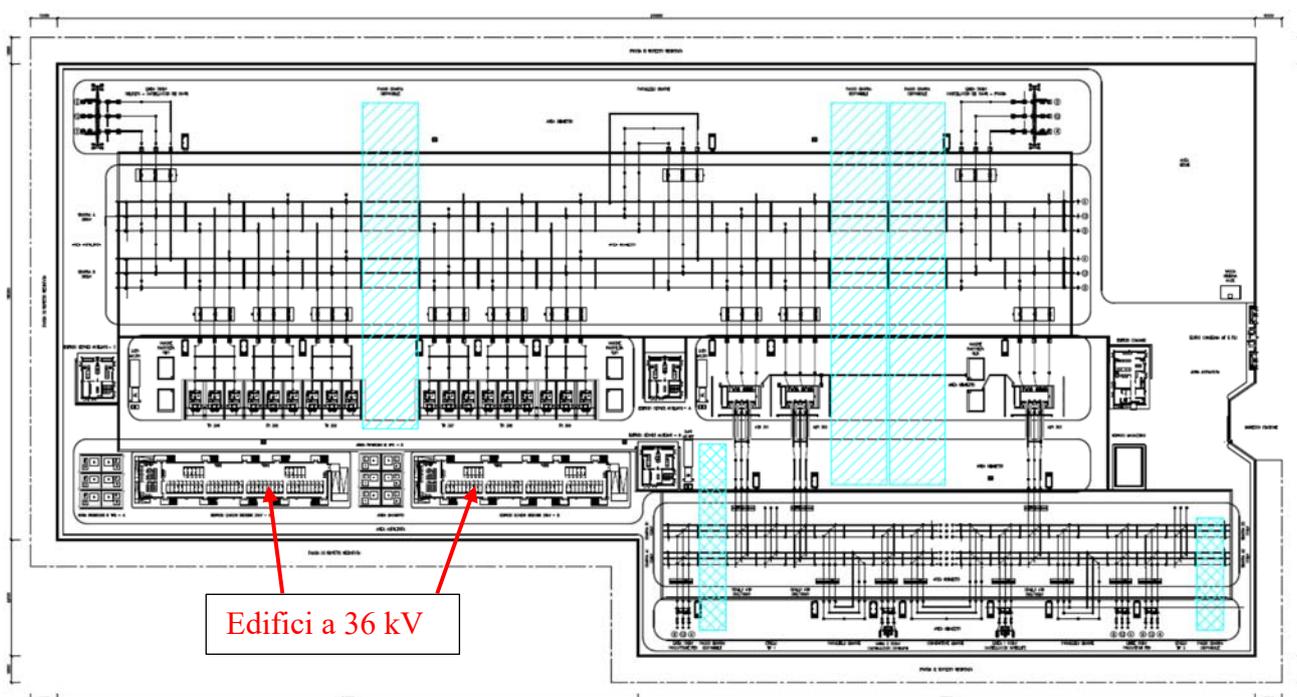
Ogni “montante trasformatore 380/36 kV” sarà equipaggiato sul primario con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6, scaricatori di sovratensione ad ossido di zinco e TA per protezioni e misure. I due secondari di ogni macchina saranno poi connessi alle rispettive semisezioni delle due sezioni 36 kV, sui quadri ubicati all’interno dell’apposito edificio.

Ogni “montante congiuntore longitudinale 150 kV” sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6 e TA per protezione e misure, ed interesserà 2 stalli, uno per ogni sezione 150 kV.

Le linee afferenti si attesteranno su sostegni portale di altezza massima pari a 23 m mentre l'altezza massima delle altre parti d'impianto (sbarre di smistamento a 380 kV) sarà di 12 m.

L'area occupata dalla stazione è di circa 108.000 m².

Di seguito è rappresentata la planimetria della stazione.



I Servizi Ausiliari della stazione elettrica saranno progettati e realizzati con riferimento agli attuali standard delle stazioni elettriche AT Terna. Saranno alimentati da due linee in bassa tensione 400 Vca derivate dai trasformatori MT/BT, allacciati alla rete MT locale e/o da trasformatori induttivi di potenza (TIP) derivati dalle sbarre della sezione 150 kV. L'alimentazione in MT da rete locale verrà prelevata da apposito locale ove avverrà la consegna dell'Ente Distributore. Detto locale, per facilitare l'accesso anche al Distributore, sarà posto in una posizione che agevoli l'entrata dall'esterno della stazione. Nel caso si verificasse la contemporanea mancanza di alimentazione su ambedue le linee MT, a supporto dei SA di stazione verrà attivato un gruppo elettrogeno di emergenza che assicurerà la continuità di servizio. Le principali utenze in corrente alternata sono: pompe ed aerotermini dei trasformatori, motori interruttori e sezionatori, raddrizzatori, illuminazione esterna ed interna, scaldiglie, ecc. Le utenze fondamentali quali protezioni, comandi interruttori e sezionatori, segnalazioni, ecc. saranno alimentate in corrente continua a 110 Vcc tramite batterie tenute in tampone da raddrizzatori.

Essendo la stazione composta anche delle sezioni 36 kV, è previsto il raddoppio dei servizi ausiliari, e dei relativi fabbricati, come esplicito nel relativo paragrafo.

La rete di terra della stazione interesserà l'area recintata dell'impianto. Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature saranno realizzati secondo l'unificazione TERNA per le stazioni a 380 kV e 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 63 kA per 0,5 sec. Il dispersore sarà costituito da una maglia realizzata in corda di rame da 63 mm² interrata ad una profondità di circa 0,7 m composta da maglie regolari di lato adeguato. Il lato della maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1. Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica. Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 125 mm². Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati. I ferri di armatura dei cementi armati delle fondazioni, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della stazione.

Nell'impianto è prevista la realizzazione dei seguenti edifici:

- *Edificio Comandi e controllo*
- *Edificio Servizi Ausiliari e Servizi Generali (SA e SG)*
- *Edificio magazzino*
- *Edificio per punti di consegna MT*
- *Chioschi per apparecchiature elettriche*
- *Edificio quadri sezione 36 kV*

4.6 Modalità di scavo

Le modalità di scavo adottate per la posa interrata dei cavidotti saranno i seguenti:

- a) scavo in trincea aperta;
- b) scavo in trivellazione orizzontale controllata (TOC);

La prima tecnica è quella più tradizionale a cui si ricorre nel caso di posa longitudinale lungo le banchine e/o cigli strada o durante la posa nei terreni.

L'interramento del cavidotto viene effettuato eseguendo scavi a sezione ristretta mediante l'utilizzo di mezzi meccanici tipo "catenaria" o benna per una profondità di 1,35 mt, con lo scopo di posare il cavo elettrico previsto in progetto.

Lo scavo a cielo aperto determinerà sicuramente la produzione di materiale di risulta. Quello non idoneo, verrà conferito alle pubbliche discariche presenti in zona. Mentre quello idoneo sarà riutilizzato per il rinterro degli scavi stessi.

Entrando nel dettaglio, le operazioni di posa del cavidotto seguiranno le seguenti fasi:

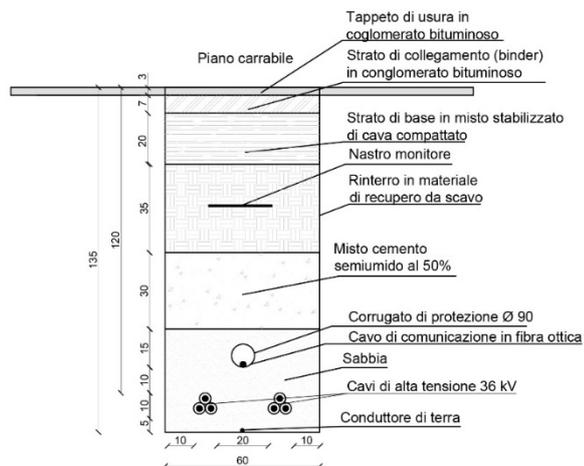
- a) sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa e comunque non inferiore a 135 cm, privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà costituire, in primo luogo, un letto di sabbia di fiume o di cava, dello spessore di almeno 5 cm, sul quale si dovrà distendere il cavo elettrico;
- b) rinfianco del cavidotto con la stessa sabbia sino al ricoprimento dello stesso per uno spessore di almeno 10 cm sopra la generatrice superiore del cavidotto;
- c) posa di un tubo corrugato $\varnothing 90$ per l'alloggiamento del cavo in fibra ottica;
- d) rinfianco del cavidotto con la stessa sabbia sino al ricoprimento dello stesso per uno spessore di almeno 10 cm sopra la generatrice superiore del cavidotto, restituendo sin ora uno spessore di sabbia pari a 40 cm;

Successivamente, il materiale con cui viene riempito lo scavo varia a seconda del luogo di posa, ovvero:

Caso di posa su strada asfalta

- 1) riempimento con misto cementato semiumido al 50% per uno spessore di almeno 30cm, avente funzione di protezione meccanica del cavo elettrico;
- 2) Rinterro con materiale di recupero dello scavo, ritenuto idoneo per uno spessore di 35 cm, interponendo il nastro monitore in polietilene stampato per la segnalazione di cavi elettrici interrati. Il nastro è costituito da uno strato di base di PE colorato (spessore 80 my) su cui è stampata la scritta in caratteri neri e successivamente rivestito con uno strato di PP trasparente che, oltre a proteggere la scritta, conferisce caratteristiche di eccezionale robustezza meccanica.
- 3) Posa di uno strato con misto granulare stabilizzato con aggregati naturali, artificiali o con aggregati riciclati rispondenti alle norme vigenti, rinvenienti da cave di prestito o centri di riciclaggio, opportunamente compattato per uno spessore di 20cm;

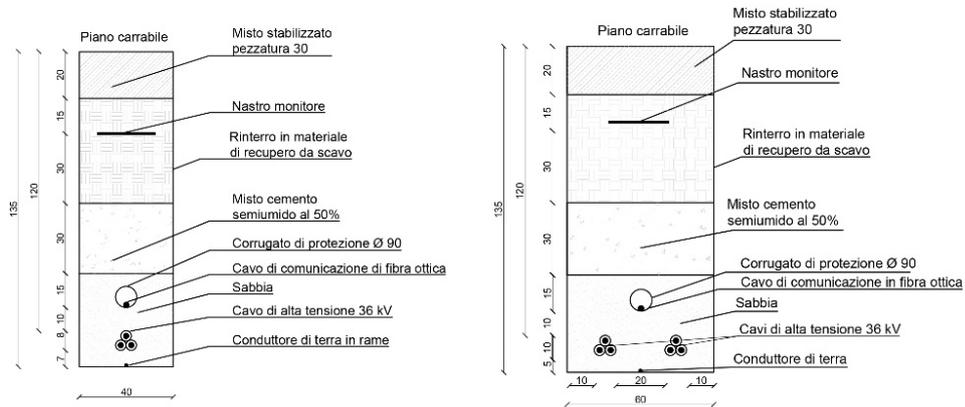
- 4) Posa di conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) costituito da miscelati aggregati e bitume, confezionato a caldo in idonei impianti, steso in opera con vibrofinitrici, e costipato con appositi rulli fino ad ottenere le caratteristiche volute, per uno spessore di almeno 7 cm;
- 5) Infine, si procede alla posa del conglomerato bituminoso per tappeto di usura realizzato con inerti selezionati e con aggregati derivanti interamente da frantumazione, impastato a caldo con bitume di prescritta penetrazione, per uno spessore pari a 3cm ed una larghezza pari a 3 volte larghezza della trincea.



Modalità di ripristino di uno scavo su strada esistente asfaltata

Caso di posa su strada non asfaltata (sterrata)

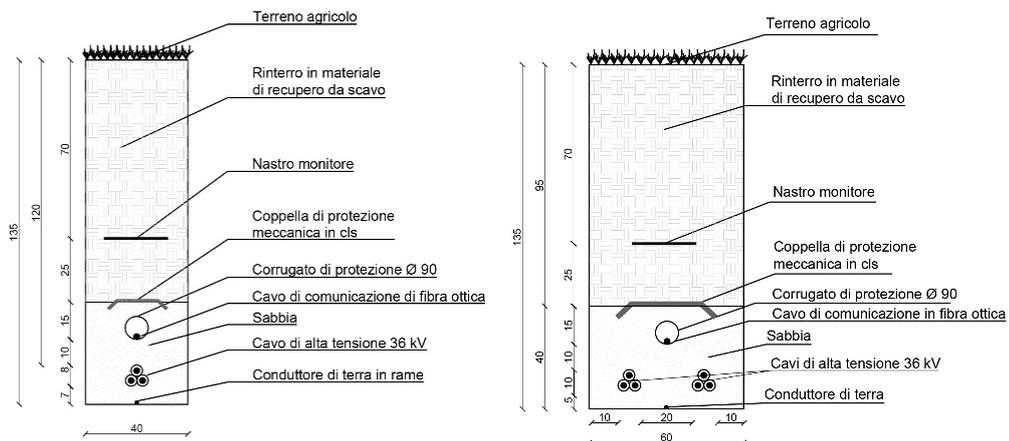
- 1) riempimento con misto cementato semiumido al 50% per uno spessore di almeno 30cm, avente funzione di protezione meccanica del cavo elettrico;
- 2) Rinterro con materiale di recupero dello scavo, ritenuto idoneo per uno spessore di 45 cm, interponendo il nastro monitor avente le stesse caratteristiche di quello precedentemente descritto;
- 3) Posa dell'ultimo strato con misto granulare stabilizzato con aggregati naturali, artificiali o con aggregati riciclati rispondenti alle norme vigenti, rinvenienti da cave di prestito o centri di riciclaggio, opportunamente compattato per uno spessore di 20cm.



Modalità di ripristino di uno scavo su strada esistente NON asfaltata

Caso di posa su terreno agricolo

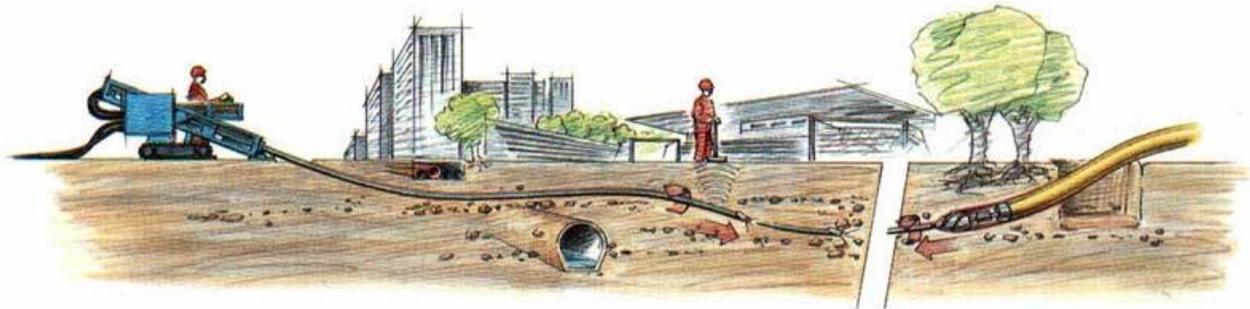
- 1) Posa di una coppella in cls prefabbricato avente funzione di protezione meccanica del cavo elettrico;
- 2) Rinterro con materiale di recupero dello scavo, ritenuto idoneo per tutto lo spessore mancante per terminare il riempimento, interponendo il nastro monitore ad una distanza non inferiore a 30cm dai cavi e a non meno di 70cm dal piano campagna.



Modalità di ripristino di uno scavo su terreno agricolo

La seconda tecnica è quella che permette di posare il cavo elettrico evitando di eseguire scavi a cielo aperto se non in modeste quantità ed è propriamente indicata per gli attraversamenti di ostacoli naturali e/o artificiali che si incontrano lungo il percorso previsto per la posa del cavidotto (es.: strade, canali, fossi, acquedotti, ferrovie, metanodotti, ecc.).

Questo tipo di modalità di posa denominata “Trivellazione Orizzontale Controllata” (TOC) consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall’utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l’unità operativa esterna permette di controllare e correggere in tempo reale gli eventuali errori di traiettoria.



Dopo aver fatto una ricerca per stabilire la reale posizione dei sottoservizi o degli ostacoli da superare, si può procedere alla perforazione, secondo le seguenti fasi:

- a) realizzazione delle “buche di varo” per il posizionamento della macchina perforatrice. Tali buche, che avranno dimensioni di 2,00 x 1,50 mt per una profondità che può variare dai 2,00 mt ai 1,50 mt, verranno eseguite ad intervalli regolari lungo il tracciato (il passo tra le buche dipende dalle condizioni del terreno) e/o agli estremi dell’ostacolo da superare;

- b) esecuzione del “foro pilota”, in cui il termine pilota sta ad indicare che la perforazione in questa fase è controllata ossia “pilotata”. La “sonda radio” montata sulla punta di perforazione emette delle onde radio che indicano millimetricamente la posizione della punta stessa. I dati rilevabili e sui quali si può interagire sono: altezza, inclinazione, direzione e posizione della punta.



Il foro pilota viene realizzato lungo tutto il tracciato della perforazione da un lato all'altro dell'impedimento che si vuole attraversare. La punta di perforazione viene spinta dentro il terreno attraverso delle aste cave metalliche, abbastanza elastiche così da permettere la realizzazione di curve altimetriche. All'interno delle aste viene fatta scorrere dell'aria ad alta pressione ed eventualmente dell'acqua. L'acqua contribuirà sia al raffreddamento della punta che alla lubrificazione della stessa, l'aria invece permetterà lo spurgo del materiale perforato ed in caso di terreni rocciosi, ad alimentare il martello "fondo-foro";

- c) allargamento del "foro pilota", che avviene attraverso l'ausilio di strumenti chiamati "Alesatori" i quali sono disponibili in diverse misure e adatti ad aggredire qualsiasi tipologia di terreno, anche rocce dure. Essi vengono montati al posto della punta di perforazione e tirati a ritroso attraverso le aste cave, al cui interno possono essere immesse aria e/o acqua ad alta pressione per agevolare l'aggressione del terreno oltre che lo spurgo del materiale.
- d) l'ultima fase che in genere, su terreni morbidi e/o incoerenti, avviene contemporaneamente a quella di "alesaggio", è l'infilaggio del tubo camicia all'interno del foro alesato.

La tubazione camicia viene ancorata ad uno strumento di collegamento del tubo camicia all'asta di rotazione. Questo strumento, chiamato anche "girella", evita durante il tiro del tubo camicia che esso ruoti all'interno del foro insieme alle aste di perforazione.

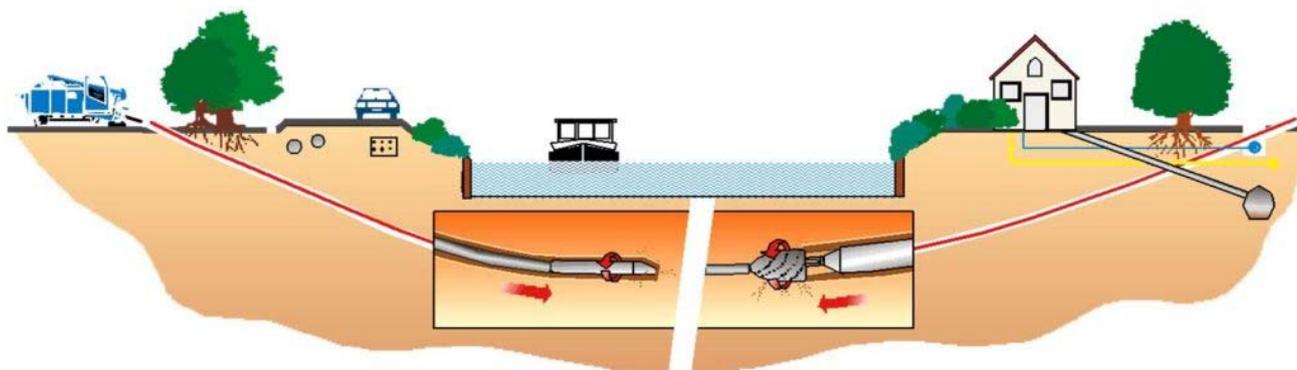
Entrambi le soluzioni fanno sì che i disagi alla circolazione e/o all'esercizio dell'infrastruttura attraversata durante le lavorazioni risultino contenuti ed i tempi di esecuzione per i lavori siano molto ristretti.

Nella scelta del percorso del cavidotto per il collegamento del parco agrivoltaico con la cabina di trasformazione, è stata posta particolare attenzione al fine di individuare il tracciato che minimizzasse le interferenze ed i punti d'intersezione con il reticolo idrografico individuato in sito e sulla Carta Idrogeomorfologica. Nel dettaglio, alcuni tratti del cavidotto interrato ricadono in prossimità, costeggiano e attraversano il reticolo idrografico che, nell'area in oggetto, risulta idraulicamente regimato a mezzo di canali sotto stradali e fossi di guardia paralleli alle sedi stradali.

Di fatto, la costruzione del cavidotto non comporterà alcuna modifica delle livellette e delle opere idrauliche presenti sia per la scelta del percorso (prevalentemente all'interno della viabilità esistente) sia per le modeste dimensioni di scavo (circa 135 cm di profondità e circa 60 cm di larghezza) a realizzarsi con escavatore a benna stretta.

A fine lavori, si provvederà al ripristino della situazione ante operam delle carreggiate stradali e della morfologia dei terreni attraversati, per cui gli interventi previsti per il cavidotto non determineranno alcuna modifica territoriale né modifiche dello stato fisico dei luoghi.

Inoltre, laddove il cavidotto attraversa il reticolo idrografico, l'interferenza sarà risolta con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (TOC), al di sotto del fondo alveo, in maniera da non interferire in alcun modo con i deflussi superficiali e con gli eventuali scorrimenti in subalvea, ed in maniera tale che il punto di ingresso della perforazione sia ad una distanza di almeno 150 m dall'asse del reticolo laddove non studiato e fuori dall'area inondabile per i reticoli studiati.



In definitiva, la realizzazione del cavidotto interrato, sia se realizzato su strade esistenti sia se posto in opera in terreni agricoli, consentirà di proteggere il collegamento elettrico da potenziali effetti delle azioni di trascinamento della corrente idraulica e di perseguire gli obiettivi di contenimento, non incremento e di mitigazione del rischio idrologico/idraulico, dato che la sua realizzazione non comporterà alcuna riduzione della sezione utile per il deflusso idrico.

5. Normativa di riferimento

Per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni:

- DL 81/2008: *Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro*
- DM 37/08: *Dichiarazioni di conformità impianti*
- DM 19/05/2010: *Modifica degli allegati al DM 22 gennaio 2008, n. 37*

- DPR 151/2011: *Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi*

Per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici:

- Legge 186/68: *Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici*
- DM 14 gennaio 2008: *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*
- Circ. 4 luglio 1996: *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"*
- CEI 0-2: *Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici*
- CEI 0-3: *Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati per la legge n. 46/90*
- CEI 0-16: *Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica*
- CEI EN 61936-1: *Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.*
- CEI EN 50522: *Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata*
- CEI 11-28: *Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione*
- CEI 13-4;Ab: *Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica*
- CEI EN 60076-11: *Trasformatori di potenza Parte 1: Generalità*
- CEI EN 50588-1 *Trasformatori di media potenza a 50Hz, con U_{max} per l'apparecchiatura non superiore a 36kV Parte1: Prescrizioni generali*
- CEI-UNEL 35011;V2: *Cavi per energia e segnalamento Sigle di designazione*
- CEI EN 50618: *Cavi elettrici per impianti fotovoltaici*
- CEI-UNEL 3535;Ab3: *Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V*
- CEI-UNEL 357;Ab2: *Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V*
- CEI IEC 60287-1-1/A1: *Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte1-1: Equazioni per il calcolo della portata di corrente (fattore di carico 100 %) e calcolo delle perdite – Generalità*

- CEI IEC 60287-3-1: *Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte 3-1: Condizioni operative - Condizioni di riferimento del sito*
- CEI IEC 60287-3-2: *Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte 3-2: Condizioni di servizio - Ottimizzazione economica della sezione del conduttore dei cavi*
- CEI 64-8: *Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua*
- CEI 64-8/7 sezione 712: *Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione*
- CEI 81-3;Ab: *Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico*
- CEI 82-25; V1-V2: *Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione*
- CEI EN 50524: *Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici*
- CEI EN 50461: *Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino*
- CEI EN 60099-1;Ab: *Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata*
- CEI EN 61439-1: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali*
- CEI EN 61439-1/EC: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali*
- CEI EN 61439-3: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)*
- CEI EN 61439-1: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali*
- CEI EN 61439-6: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 6: Condotti sbarre*

- CEI EN 61439-3/EC: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)*
- CEI EN 60445: *Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico*
- CEI EN 60529/EC: *Gradi di protezione degli involucri (codice IP)*
- CEI EN 60555-1: *Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili Parte 1: Definizioni*
- CEI EN 60904-1: *Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente*
- CEI EN 60904-2: *Dispositivi fotovoltaici Parte 2: Prescrizioni per i dispositivi fotovoltaici di riferimento*
- CEI EN 60904-3: *Dispositivi fotovoltaici Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento*
- CEI EN 60909-0: *Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata Parte 0: Calcolo delle correnti*
- CEI EN IEC 61000-3-2: *Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)*
- CEI EN 61215-1: *Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1: Prescrizioni per le prove*
- CEI EN 61215-1-1: *Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-1: Prescrizioni particolari per le prove di moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino*

- CEI EN 61215-1-2: *Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-2: Requisiti particolari per la prova dei moduli fotovoltaici (FV) a film sottile in tellururo di cadmio (CdTe)*
- CEI EN 61215-1-3: *Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-3: Requisiti particolari per la prova dei moduli fotovoltaici (FV) a film sottile in silicio amorfo*
- CEI EN 61215-1-4: *Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-4: Requisiti particolari per la prova dei moduli fotovoltaici (FV) a film sottile in seleniuro di rame-indio-gallio (CIGS) e in seleniuro di rame-indio (CIS)*
- CEI EN 61215-2: *Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 2: Procedure di prova*
- CEI EN 61724: *Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati*
- CEI EN 61724-1: *Prestazioni dei sistemi fotovoltaici Parte 1: Monitoraggio*
- IEC 61727:2004 : *Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface*
- CEI EN IEC 61730-1: *Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione*
- CEI EN IEC 61730-1/EC: *Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione*
- CEI EN 61730-2/A1: *Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove*
- CEI EN 61829: *Campo fotovoltaico (FV) - Misura in sito delle caratteristiche I-V*
- CEI EN 62053-21/A1: *Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2)*

- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): *Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3)*
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): *Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali*
- CEI EN 62108: *Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione. Qualifica del progetto e approvazione di tipo*
- CEI IEC/TS 62271-210: *Apparecchiatura ad alta tensione Parte 210: Qualificazione sismica per apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico e con involucro isolante per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso*
- CEI EN 62305-1: *Protezione contro i fulmini Parte 1: Principi generali*
- CEI EN 62305-1/EC: *Protezione contro i fulmini Parte 1: Principi generali*
- CEI EN 62305-2: *Protezione contro i fulmini Parte 2: Valutazione del rischio*
- CEI EN 62305-2/EC: *Protezione contro i fulmini Parte 2: Valutazione del rischio*
- CEI EN 62305-3: *Protezione contro i fulmini Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone*
- CEI EN 62305-4: *Protezione contro i fulmini Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture*
- CEI EN 62305-4/EC: *Protezione contro i fulmini Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture*
- IEC 60364-7-712:2017: *Low voltage electrical installations - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems*
- UNI 10349: *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.*
- Guida CEI 82-25;V2: *Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione*

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

Il Tecnico

Ing. Renato Pertuso

