

CITTA' DI ISPICA

CITTA' DI NOTO

REGIONE SICILIA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO
"FATTORIA SOLARE GERBI"**
della potenza di 38,096 MW in DC
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



REN 173 S.r.l.
Salita di Santa Caterina 2/1
16123 Genova (GE)
P.IVA 02644720993

PROGETTAZIONE:



TÈKNE 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:

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 CAVIDOTTI MT

Tavola:

RE01_MIMIT

Filename:

TKA748-PD-RE01-Relazione tecnica cavidotti MT-R0.doc

Data 1°emissione:

Giugno 2023

Redatto:

N.LOMUSCIO

Verificato:

G.PERTOSO

Approvato:

R.PERTOSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione	1			
	2			
	3			
	4			

TKA748

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	1
2. <u>SCOPO</u>	1
3. <u>UBICAZIONE DELL'IMPIANTO</u>	2
4. <u>DESCRIZIONE TECNICA IMPIANTO</u>	2
4.1 CRITERI DI SCELTA	2
4.2 DESCRIZIONE GENERALE	2
4.3 COLLEGAMENTI ELETTRICI IN BASSA TENSIONE E RELATIVI CALCOLI	7
4.3.1 DATI NOMINALI DI IMPIANTO	7
4.3.2 CARATTERISTICHE DEL CAVO DI BASSA TENSIONE	7
4.3.3 VARIAZIONE DELLA TENSIONE CON LA TEMPERATURA PER LA SEZIONE C.C.	8
4.3.4 PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE	8
4.3.5 PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO	9
4.3.6 CADUTE DI TENSIONE	9
4.3.7 POSA DEI CAVI IN TUBI	9
4.4 CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE	9
4.5 MODALITÀ DI POSA	11
4.6 COLLEGAMENTI ELETTRICI IN MEDIA TENSIONE E RELATIVI CALCOLI	15
4.6.1 DATI NOMINALI DI IMPIANTO	15
4.6.2 CARATTERISTICHE DEL CAVO DI MEDIA TENSIONE	15
4.6.3 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE	15
4.6.4 VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA CADUTA DI TENSIONE	16
4.6.5 TIPI DI INSTALLAZIONE	16
4.6.6 CALCOLO DELLA PORTATA EFFETTIVA	16
4.6.7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE	17
5. <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	23

PD PROGETTO DEFINITIVO	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	Protocollo TEKNE
	<i>R0</i>	<i>Giugno 2023</i>	<i>N. Lomuscio</i>	<i>R. Pertuso</i>	<i>R. Pertuso</i>	<i>TKA748</i>
						Filename: <i>TKA748-PD-RE01_MIMIT</i>

1. Premessa

La società **REN 173 s.r.l.** ha disposto di procedere alla progettazione delle opere necessarie per la realizzazione di un **impianto agrovoltaiico**, denominato “**Fattoria Solare Gerbi**” in località “Contrada Cancaleo” nel Comune di Ispica e in “Contrada Passo Corrado” nel Comune di Noto, da **38,096 MWp**.

L’impianto sarà allacciato alla rete AT di E-Distribuzione con tensione nominale a 150 kV tramite l’inserimento in antenna su un nuovo stallo della Cabina Primaria di Pachino, quindi Le opere di connessione che saranno realizzate sono:

- il cavidotto MT di connessione tra l’impianto agrovoltaiico “Fattoria solare Gerbi” e la stazione di elevazione MT/AT sita nel Comune di Pachino nelle immediate vicinanze dell’esistente CP E-Distribuzione “Pachino”;
- la stazione di elevazione MT/AT e il sistema di accumulo (storage) ubicati nell’area della stazione utente sita nel Comune di Pachino al Foglio 13 p.lle 95-97-98-99-100-101-102;
- il cavidotto AT di connessione tra la stazione di elevazione MT/AT e lo stallo a 150 kV a realizzarsi nell’esistente CP E-Distribuzione “Pachino”;
- il nuovo stallo a 150 kV nell’esistente CP E-Distribuzione “Pachino”.

I dati catastali dell’impianto sono i seguenti:

- ISPICA (RG) – Catasto Terreni :Fg. 81, p.lle 19-44-254-848-849-851-853-856-858-860-862-864-865-3-85-248-26-27-97-98-173-175-250-847-850-852-854-861-863-866-867-868-870-149-8-154-153-155-214
- NOTO (SR) - Catasto Terreni: Fg. 423, p.lle 39-40-41-55-127-130-381-382;

L’area StepUP + STORAGE invece:

- PACHINO (SR) – Catasto Terreni: Fg. 13, p.lle 95-97-98-99-100-101-102.

Si sottolinea che, data la potenza in uscita maggiore della potenza di connessione alla rete TERNA, sarà utilizzato un sistema PPC (Power Plant Controller), in modo da soddisfare i requisiti imposti dalla rete e dal punto di connessione.

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 di illustrare le modalità di realizzazione delle linee elettriche di collegamento dell’impianto in oggetto, indicandone tipologie di posa e tracciati dei cavi.

3. Ubicazione dell'impianto

La località d'installazione dell'impianto fotovoltaico è: Ispica (RG) e Noto(SR)

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

- Latitudine - Ispica: 36° 43' 4.328" N
- Longitudine - Ispica: 14° 58' 43.55" W
- Latitudine – Nord: 36° 43' 0.071" N
- Longitudine – Noto: 15° 0' 53.366" W
- Altitudine = 20 m s.l.m.

4. Descrizione tecnica impianto

4.1 Criteri di scelta

Al fine di massimizzare la produzione di energia annuale, compatibilmente con le aree a disposizione, si è adottato come criterio di scelta prioritario quello di suddividere l'impianto in 13 sottocampi così suddivisi:

- 7 campi con trasformatori di potenza da 3,15 MW;
- 4 campi con trasformatori di potenza da 2,5 MW;
- 2 campi con trasformatori di potenza da 2,0 MW;

L'energia elettrica sarà trasformata da bassa tensione a media tensione 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 MT/bt
- cabine di raccolta MT

- trasformatori AT/mt

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da un totale di 2237 stringhe fotovoltaiche singolarmente sezionabili formate da 26 moduli in serie, quindi composto complessivamente da 58.162 moduli fotovoltaici con potenza unitaria di 655Wp. La potenza totale installata è di 38096,11 kWp.

Da un punto di vista elettrico il sistema fotovoltaico è stato suddiviso in 13 sottocampi indipendenti. Ciascun sottocampo disporrà di una cabina di campo in cui verrà alloggiato il trasformatore e da un numero variabile di inverter di stringa (di seguito specificato in dettaglio per ogni sottocampo) che collegheranno in parallelo un numero variabile di stringhe fotovoltaiche. Gli inverter di stringa avranno una potenza nominale di 300 kW 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 MT/bt 0.8/30kV di potenza pari a 2000kVA, 2500kVA e 3150kVA a seconda del sottocampo.

All'interno delle aree di impianto sono state previste 2 cabine di raccolta collegate ad 1 cabina di raccolta generale, la quale risulta connessa alla stazione di consegna dove avviene la trasformazione in AT per poi annettersi alla rete del TSO.

Di seguito il dettaglio di ogni campo:

Campo TR1

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	195
N° Moduli fotovoltaici	195x26=5070
Potenza complessiva DC	5070x655Wp=3320,85 kWp
N° Inverter di stringa	10
Potenza tot. Inverter	10x300 kVA=3000 kVA
Potenza Trasformatori	1x3150 kVA

Campo TR2

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	197
N° Moduli fotovoltaici	197x26=5122
Potenza complessiva DC	5122x655Wp=3354,91 kWp
N° Inverter di stringa	10
Potenza tot. Inverter	10x300 kVA=3000 kVA

Potenza Trasformatori 1x3150 kVA

Campo TR3

Potenza unitaria modulo 655 Wp
N° Stringhe 159
N° Moduli fotovoltaici $159 \times 26 = 4134$
Potenza complessiva DC $4134 \times 655 \text{ Wp} = 2707,77 \text{ kWp}$
N° Inverter di stringa 8
Potenza tot. Inverter $8 \times 300 \text{ kVA} = 2400 \text{ kVA}$
Potenza Trasformatori 1x2500 kVA

Campo TR4

Potenza unitaria modulo 655 Wp
N° Stringhe 146
N° Moduli fotovoltaici $146 \times 26 = 3796$
Potenza complessiva DC $3796 \times 655 \text{ Wp} = 2486,38 \text{ kWp}$
N° Inverter di stringa 8
Potenza tot. Inverter $8 \times 300 \text{ kVA} = 2400 \text{ kVA}$
Potenza Trasformatori 1x2500 kVA

Campo TR5 – TR6

Potenza unitaria modulo 655 Wp
N° Stringhe 183
N° Moduli fotovoltaici $183 \times 26 = 4758$
Potenza complessiva DC $4758 \times 655 \text{ Wp} = 3116,49 \text{ kWp}$
N° Inverter di stringa 10
Potenza tot. Inverter $10 \times 300 \text{ kVA} = 3000 \text{ kVA}$
Potenza Trasformatori 1x3150 Kva

Campo TR7

Potenza unitaria modulo 655 Wp
N° Stringhe 187
N° Moduli fotovoltaici $187 \times 26 = 4862$
Potenza complessiva DC $4862 \times 655 \text{ Wp} = 3184,61 \text{ kWp}$

N° Inverter di stringa	10
Potenza tot. Inverter	10x300 kVA=3000 kVA
Potenza Trasformatori	1x3150 kVA

Campo TR8

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	121
N° Moduli fotovoltaici	121x26=3146
Potenza complessiva DC	3146x655Wp=2060,63kWp
N° Inverter di stringa	6
Potenza tot. Inverter	6x300 kVA=1800 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000 kVA

Campo TR9

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	202
N° Moduli fotovoltaici	202x26=5252
Potenza complessiva DC	5252x655Wp=3440,06 kWp
N° Inverter di stringa	10
Potenza tot. Inverter	10x300 kVA=3000 kVA
Potenza Trasformatori	1x3150 kVA

Campo TR10

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	204
N° Moduli fotovoltaici	204x26=5304
Potenza complessiva DC	5304x655Wp=3474,12kWp
N° Inverter di stringa	10
Potenza tot. Inverter	10x300 kVA=3000 kVA
Potenza Trasformatori	1x3150 kVA

Campo TR11

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	120
N° Moduli fotovoltaici	120x26=3120

Potenza complessiva DC	3120x655Wp=2043,60kWp
N° Inverter di stringa	6
Potenza tot. Inverter	6x300 kVA=1800 kVA
Potenza Trasformatori	1x2000 kVA

Campo TR12 – TR13

Potenza unitaria modulo	655 Wp
N° Stringhe	170
N° Moduli fotovoltaici	170x26=4420
Potenza complessiva DC	4420x655Wp=2895,10 kWp
N° Inverter di stringa	8
Potenza tot. Inverter	8x300 kVA=2400 kVA
Potenza Trasformatori	1x2500 kVA

I quadri AC presentano al loro interno dei sezionatori con fusibile ed uno scaricatore di sovratensioni. L'uscita del quadro è collegata al trasformatore. Il trasformatore risulta installato su una piazzola con tutte le necessarie protezioni elettriche richieste.

Si è inoltre scelto di utilizzare un sistema a orientamento variabile, che consente all'impianto di seguire il sole durante il periodo di rotazione della terra, da est a ovest, ovvero un sistema ad inseguimento sull'asse fisso nord-sud orizzontale rispetto al terreno con i moduli che cambieranno orientamento durante il giorno passando da Est a Ovest con un tilt pari a +/- 60° sull'orizzontale. Questo tipo di tecnologia è detta ad "Asse Polare", ovvero gli inseguitori ad asse polare si muovono su un unico asse. Tale asse è simile a quello attorno al quale il sole disegna la propria traiettoria nel cielo. L'asse è simile ma non uguale a causa delle variazioni dell'altezza della traiettoria del sole rispetto al suolo nelle varie stagioni. Questo sistema di rotazione del pannello attorno ad un solo asse riesce quindi a tenere il pannello quasi perpendicolare al sole durante tutto l'arco della giornata. L'asse è simile ma non uguale a causa delle variazioni dell'altezza della traiettoria del sole rispetto al suolo nelle varie stagioni. Questo sistema di rotazione del pannello attorno ad un solo asse riesce quindi a tenere il pannello circa perpendicolare al sole durante tutto l'arco della giornata (sempre trascurando le oscillazioni estate-inverno della traiettoria del sole) e dà la massima efficienza che si possa ottenere con un solo asse di rotazione.

4.3 Collegamenti elettrici in bassa tensione e relativi calcoli

4.3.1 Dati nominali di impianto

Tensione nominale lato c.c.:	1500 V
Sistema di collegamento dei poli lato c.a.:	isolati
Tensione nominale lato c.a.:	800 V $\pm 5\%$
Frequenza nominale lato c.a.:	50 Hz $\pm 2\%$
Sistema di collegamento del neutro lato c.a.:	TNS

4.3.2 Caratteristiche del cavo di bassa tensione

Per i collegamenti in corrente continua:

Cavo per posa in aria o in tubo:	FG21M21 ovvero H1Z2Z2-K
Materiale del conduttore	Rame
Tipo di conduttore	classe 5
Materiale dell'isolamento	Gomma reticolata senza alogeni
Temperatura massima	90°C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Tensione nominale	1500 V c.c., 1000 V c.a.
Tensione massima	1800 V c.c., 1200 V c.a.

L'indicazione di due cavi equivalenti si rende necessaria in caso di indisponibilità da parte dei produttori, della prima soluzione.

Cavo per posa in aria o in tubo:	FG16OR16
Materiale del conduttore	Rame
Tipo di conduttore	classe 5
Materiale del riempitivo	termoplastico
Materiale dell'isolamento	gomma qualità G16
Guaina	mescola a base di PVC, qualità R16
Temperatura massima	90°C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Tensione nominale	0.6/1 kV c.a
Tensione massima	1.2 kV
Massima forza di tiro durante la posa	50 N/mm ²

4.3.3 Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.

Occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino essere verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_{\max \min} \geq V_{\text{invMPPTmin}}$$

$$V_{\max \max} \leq V_{\text{inv MPPT max}}$$

$$V_{\text{oc max}} < V_{\text{inv max}}$$

dove:

V_{\max} = Tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{\text{inv MPPT min}}$ = Tensione minima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter

$V_{\text{inv MPPT max}}$ = Tensione massima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter

V_{oc} = Tensione di circuito aperto, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{\text{inv max}}$ = Tensione massima in c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter

4.3.4 Portata dei cavi in regime permanente

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore è calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8.

Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024, applicando ai valori individuati dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Nei casi di cavi con diverse modalità di posa è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa.

Le sezioni dei cavi sono verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione alla corrente di normale utilizzo, secondo quanto riportato nelle Norme CEI 64-8. Le verifiche in oggetto sono effettuate mediante l'uso delle tabelle CEI-UNEL 35023.

La verifica per sovraccarico è stata eseguita utilizzando la relazione:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \text{ e } I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove:

I_B = Corrente d'impiego del cavo

I_N = Portata del cavo in aria a 30°C, relativa al metodo d'installazione previsto nelle Tabelle I o II della Norma CEI-UNEL 35025

I_z = Portata del cavo nella condizione d'installazione specificata (tipo di posa e temperatura ambiente)

I_f = Corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del corto circuito, I_B risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco, mentre I_N e I_f possono entrambe essere poste uguali alla corrente di corto circuito dei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa. In assenza di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, la seconda relazione non risulta applicabile alla parte in corrente continua.

4.3.5 Protezione contro il corto circuito

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Pertanto, avendo già tenuto conto di tali valori nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente, anche la protezione contro il corto circuito risulta assicurata.

Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno di ciascun inverter.

4.3.6 Cadute di tensione

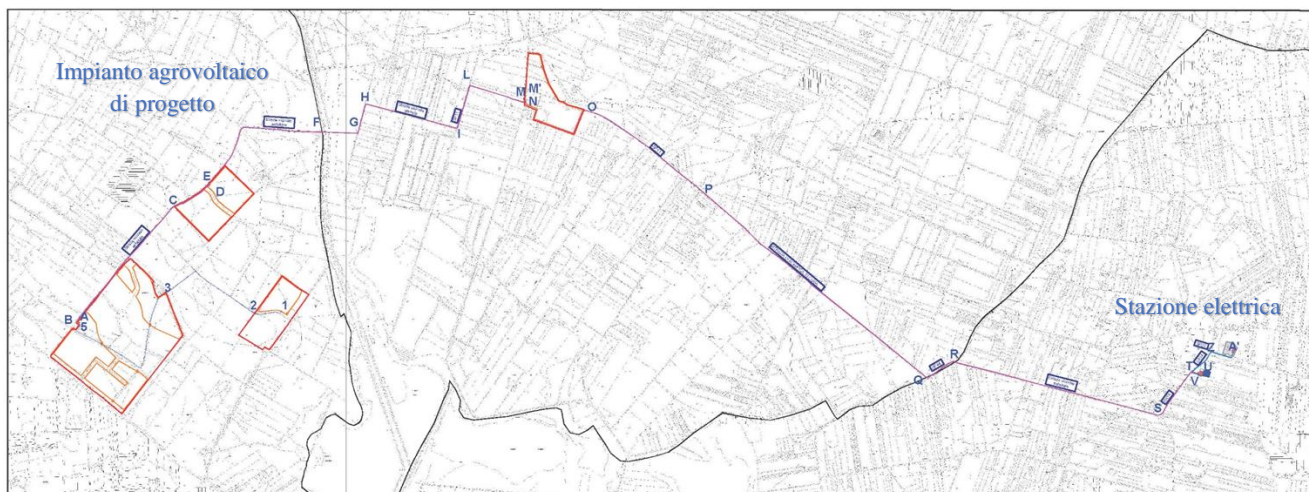
I cavi sono dimensionati facendo riferimento alle tabelle CEI UNEL 35364, 35747 e 35756 per i cavi in rame. Per i circuiti lato corrente continua le cadute di tensione sono state limitate entro l'1%. Allo stesso modo, anche per i circuiti lato corrente alternata le cadute di tensione sono state limitate entro l'1%. Tali valori includono anche le cadute di tensione nei quadri.

4.3.7 Posa dei cavi in tubi

La percentuale della sezione dei cavidotti occupata dai cavi è inferiore al 50%, come prescritto dalle norme CEI 64-8.

4.4 Connessione alla rete elettrica nazionale

A circa 5,84 km (percorso cavidotto) in direzione est dal sito oggetto d'intervento avverrà il collegamento con l'esistente stazione elettrica CP Enel "Pachino", ubicata in località "C. Nova" nel comune di Pachino al foglio 13, particella 452. I collegamenti dei moduli sino alle cabine di campo, saranno tutti interrati così come il percorso cavidotto dall'area di impianto sino alla stazione elettrica di elevazione.



Inquadramento progetto su base CTR - rif. tavola AR07

Per i dettagli dei singoli tratti far riferimento all'elaborato grafico "AR07-Cavidotto di connessione-Percorso ed opere da realizzare su base CTR".

Il percorso cavidotto prevede l'interramento di una terna di cavi MT lungo i seguenti tratti:

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO			
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)
1-2	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	200
2-3	Tratto su strada sterrata	Comunale	770
3-4	Tratto su terreno agricolo	Comunale	1170
Totale percorso cavidotto			2140

Il percorso cavidotto prevede l'interramento di una terna di cavi MT lungo i seguenti tratti:

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA DI RACCOLTA 1 A CABINA DI RACCOLTA 2			
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)
A-B	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	25
B-C	Tratto su strada asfaltata	-	1095
C-D	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	260
Totale percorso cavidotto			1380

Il percorso cavidotto prevede l'interramento di due terne di cavi MT lungo i seguenti tratti:

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DA CABINA DI RACCOLTA 2 A CABINA DI RACCOLTA GENERALE			
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)
D-E	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	20
E-F	Tratto su strada asfaltata	-	1010
F-G	Tratto su terreno agricolo	-	246

G-H	Tratto su strada sterrata	-	212
H-I	Tratto su strada sterrata	-	660
I-L	Tratto su strada asfaltata	SP n.11	305
L-M	Tratto su terreno agricolo	-	392
M-M'	Tratto su strada sterrata	-	10
M'-N	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	25
Totale percorso cavidotto			2880

Il percorso cavidotto prevede l'interramento di due terne di cavi MT lungo i seguenti tratti:

CAVIDOTTO DI CONNESSIONE ESTERNO DA CABINA DI RACCOLTA GENERALE A STAZIONE DI ELEVAZIONE MT/AT			
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)
N-O	Tratto su terreno agricolo	Area impianto	650
O-P	Tratto su strada asfaltata	SP n.11	990
P-Q	Tratto su strada asfaltata	Strada di Bonifica 33 Cuba	2045
Q-R	Tratto su strada asfaltata	SP n.44	220
R-S	Tratto su strada sterrata	-	1480
S-T	Tratto su strada asfaltata	SP n.14	365
T-U	Tratto su terreno agricolo	Area stazione	90
Totale percorso cavidotto			5840

Il percorso cavidotto AT prevede i seguenti tratti:

CAVIDOTTO AT			
Tratto	Tipologia	Denominazione	L (m)
U-V	Tratto su terreno agricolo	-	80
V-Z	Tratto su strada asfaltata	SP n.14	200
Z-A'	Tratto su strada asfaltata	SP n.22	195
Totale percorso cavidotto			475

4.5 Modalità di posa

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.

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 monitore 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.

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 30 cm dai cavi e a non meno di 70 cm dal piano campagna.

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.

4.6 Collegamenti elettrici in media tensione e relativi calcoli

4.6.1 Dati nominali di impianto

Tensione nominale: 30 kV $\pm 5\%$

Frequenza nominale: 50 Hz $\pm 2\%$

Sistema di collegamento del neutro: isolato.

4.6.2 Caratteristiche del cavo di media tensione

Cavo armato per posa direttamente interrata:	ARG7H1EX 18/30(36)kV
Materiale del conduttore:	Alluminio
Tipo di conduttore:	Corda rotonda compatta classe 2
Materiale del semi-conduttore interno:	Mescola semi-conduttrice
Materiale dell'isolamento:	HEPR
Materiale del semi-conduttore esterno:	Estruso, pelabile a freddo
Schermo:	Filo di rame + nastro di rame
Materiale della guaina esterna:	PE
Temperatura massima:	105°C in condizioni di esercizio normali 300°C in condizioni di corto circuito
Tensioni di riferimento	18/30 kV
Tensione nominale	30 kV
Tensione nominale massima di impiego	36 kV
Massima forza di tiro durante la posa:	50.0 N/mm ²
Conformità:	EN 60228, HD 620, IEC 60502-2

Cavo tripolare schermato a fili di rame di tipo SK1 (Shock Proof 1) composto da una guaina a spessore maggiorato di uno speciale composto termoplastico che migliora la resistenza allo schiacciamento e all'impatto. Questo cavo è equiparabile ad un cavo armato conformemente alla CEI 11-17 punto 4.3.11b.

4.6.3 Dimensionamento dei cavi di media 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.

4.6.4 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%

4.6.5 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.

4.6.6 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:

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

4.6.7 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 soddisfa le verifiche esposte, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate e per l'alimentazione dell'utenza in esame.

Dimensionamento linea di connessione alla SSE – EXT MT

potenza impianto	38,1	MW
tensione	30	kV
corrente	734,10	A
lunghezza cavidotto	5840	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	2,5	3	0,3400	2,809%	2,802%
150	330	2,2	3	0,2770	2,288%	2,283%
185	373	2,0	2	0,2210	2,738%	2,732%
240	434	1,7	2	0,1690	2,094%	2,089%
300	489	1,5	2	0,1350	1,673%	1,669%
400	560	1,3	2	0,1060	1,313%	1,310%
500	639	1,1	2	0,0830	1,028%	1,026%
630	728	1,0	2	0,0660	0,818%	0,816%

Dimensionamento linea di connessione tra la Cabina di Raccolta 1 e 2 – EXT 1 MT

potenza impianto	21,29	MW
tensione	30	kV
corrente	410,21	A
lunghezza cavidotto	1380	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	1,4	2	0,3400	0,556%	0,555%
150	330	1,2	2	0,2770	0,453%	0,452%
185	373	1,1	2	0,2210	0,362%	0,361%
240	434	0,9	1	0,1690	0,553%	0,552%
300	489	0,8	1	0,1350	0,442%	0,441%
400	560	0,7	1	0,1060	0,347%	0,346%
500	639	0,6	1	0,0830	0,272%	0,271%
630	728	0,6	1	0,0660	0,216%	0,215%

Dimensionamento linea di connessione tra la Cabina di Raccolta 2 e la Cabina di Raccolta Generale – EXT 2 MT

potenza impianto	30,26	MW
tensione	30	kV
corrente	583,04	A
lunghezza cavidotto	2880	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	2,0	2	0,3400	1,650%	1,646%
150	330	1,8	2	0,2770	1,344%	1,341%
185	373	1,6	2	0,2210	1,073%	1,070%
240	434	1,3	2	0,1690	0,820%	0,818%
300	489	1,2	2	0,1350	0,655%	0,654%
400	560	1,0	2	0,1060	0,514%	0,513%
500	639	0,9	1	0,0830	0,806%	0,804%
630	728	0,8	1	0,0660	0,641%	0,639%

Dimensionamento linea di connessione FEEDER 1

potenza impianto	11,87	MW
tensione	30	kV
corrente	228,70	A
lunghezza cavidotto	855	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	0,8	1	0,3400	0,384%	0,383%
150	330	0,7	1	0,2770	0,313%	0,312%
185	373	0,6	1	0,2210	0,250%	0,249%
240	434	0,5	1	0,1690	0,191%	0,191%
300	489	0,5	1	0,1350	0,153%	0,152%
400	560	0,4	1	0,1060	0,120%	0,120%
500	639	0,4	1	0,0830	0,094%	0,094%
630	728	0,3	1	0,0660	0,075%	0,074%

Dimensionamento linea di connessione FEEDER 2

potenza impianto	9,42	MW
tensione	30	kV

corrente	181,50	A
lunghezza cavidotto	2140	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	0,6	1	0,3400	0,763%	0,762%
150	330	0,6	1	0,2770	0,622%	0,620%
185	373	0,5	1	0,2210	0,496%	0,495%
240	434	0,4	1	0,1690	0,379%	0,379%
300	489	0,4	1	0,1350	0,303%	0,302%
400	560	0,3	1	0,1060	0,238%	0,237%
500	639	0,3	1	0,0830	0,186%	0,186%
630	728	0,2	1	0,0660	0,148%	0,148%

Dimensionamento linea di connessione FEEDER 3

potenza impianto	8,97	MW
tensione	30	kV
corrente	172,83	A
lunghezza cavidotto	325	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	0,6	1	0,3400	0,110%	0,110%
150	330	0,5	1	0,2770	0,090%	0,090%
185	373	0,5	1	0,2210	0,072%	0,072%
240	434	0,4	1	0,1690	0,055%	0,055%
300	489	0,4	1	0,1350	0,044%	0,044%
400	560	0,3	1	0,1060	0,034%	0,034%
500	639	0,3	1	0,0830	0,027%	0,027%
630	728	0,2	1	0,0660	0,021%	0,021%

Dimensionamento linea di connessione FEEDER 4

potenza impianto	7,83	MW
tensione	30	kV
corrente	150,86	A
lunghezza cavidotto	85	m

cavo ARG7H1EX 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	0,5	1	0,3400	0,025%	0,025%
150	330	0,5	1	0,2770	0,021%	0,020%
185	373	0,4	1	0,2210	0,016%	0,016%
240	434	0,3	1	0,1690	0,013%	0,012%
300	489	0,3	1	0,1350	0,010%	0,010%
400	560	0,3	1	0,1060	0,008%	0,008%
500	639	0,2	1	0,0830	0,006%	0,006%
630	728	0,2	1	0,0660	0,005%	0,005%

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

