



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA DI
FOGGIA



COMUNE DI FOGGIA

OGGETTO:

Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "FOGGIA II", di potenza pari a 50,83 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Foggia (FG)

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE ARCHITETTONICHE



PROPONENTE:

**AEI SOLAR
PROJECT II SRL**

P.I. 16805321003
Via Vincenzo Bellini,
22 00198 Roma

AEI SOLAR PROJECT II S.R.L.
VIA VINCENZO BELLINI, 22
00198- ROMA (RM)
P.IVA 16805321003

PROGETTAZIONE:

Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E


EGM PROJECT

Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H

EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.10	R				
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	GENNAIO 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 1 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	IMPIANTO FOTOVOLTAICO	3
	2.1 Pannelli fotovoltaici	3
	2.2 Stringhe.....	6
	2. 3 Strutture di supporto	8
	2. 4 Casette di stringa	8
	2. 5 Cabine di campo e inverter	9
	2. 6 Trasformatore	16
	2.7 Potenza dell’impianto	17
	2.8 Soluzioni impiantistiche di protezione	18
	2.8.1 Protezione contro i contatti diretti	19
	2.8.2 Protezione contro i contatti indiretti.....	20
	2.8.3 Protezione dai sovraccarichi	22
	2.8.4 Protezione conduttori contro il corto circuito	22
	2.8.5 Protezione contro i fulmini.....	23
	2.8.6 Cartelli	25
	2.8.7 Materiale per l'esercizio e la manutenzione	26
	2.8.8 Mezzi di estinzione	26
	2.8.9 Qualifica del personale	27
	2.9 Apparecchiature e componenti	27
	2.10 Impianto di videosorveglianza e illuminazione	33
	2.11 Recinzioni e cancelli	34
	2.12 Viabilità.....	35

2.13	Fondazioni.....	35
2.14	Movimenti di terra	35
3	OPERE DI CONNESSIONE.....	35
3.1	Cavi AT.....	35
3.2	Cavi BT	39

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 3 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

1 PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, tramite l’installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su idonee strutture metalliche di supporto posizionate in direzione EST – OVEST e con inclinazione verso sud di 20°.

I pannelli, che trasformano l’irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa" che, a sua volta, sarà collegata in parallelo con le altre in apposite cassette di stringa (combiner box). Dai quadri di parallelo l’energia prodotta dai pannelli verrà trasferita mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo in cui sono installati gli inverter centralizzati che la trasformano in corrente alternata. Le cabine di campo ospitano anche il trasformatore e fungono anche da "cabine di trasformazione" incrementando il voltaggio fino alla tensione (MT) 30kV. Le cabine saranno collegate ad un quadro MT collocato nella cabina di consegna dal quale l’energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto esterno alla sottostazione di condivisione e trasformazione e, da qui, alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite il punto di connessione posto nel territorio comunale di Foggia.

L’impianto è caratterizzato da una potenza di picco installata in corrente continua di **50,83MW** ed è suddiviso in 5 "sottocampi", collegati a 5 cabine di campo di conversione e trasformazione

2 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

2.1 Pannelli fotovoltaici

Al fine di ottimizzare la produzione di energia, l’impianto fotovoltaico in progetto sarà composto da un modulo monocristallino tipo Trinasolar TSM-DEG21C.20 670W.

Basato sul wafer di silicio di grandi dimensioni da 210 mm e sulla cella PERC monocristallina, il modulo Vertex a doppio vetro ha la capacità di convertire le luci incidenti sul lato posteriore in elettricità in aggiunta a ciò che viene generato dal lato anteriore, fornendo un’elevata potenza di

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 4 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

uscita. L'eccellente coefficiente di temperatura e le basse prestazioni di irraggiamento si traducono in una maggiore potenza. Inoltre, Vertex beneficia di celle mono quadrate e tecnologia di incapsulamento ad alta densità, aumentando l'efficienza del modulo fino al 21.6%.

Rispetto ad altri prodotti, una singola stringa di moduli può raggiungere un aumento di potenza fino al 34%, il che porta a risparmi sui costi BOS (Balance of System), e ulteriormente a una notevole riduzione del LCOE (levelized cost of Energy) e quindi dei tempi di ammortamento.

I pannelli sfruttano la tecnologia “**half cut cells**” letteralmente celle tagliate a metà.

La tecnologia “half cut cells” permette l’aumento della potenza del singolo modulo e della producibilità, grazie ai seguenti fattori:

A) Maggiore tolleranza all’ombreggiamento

Nei moduli tradizionali le celle sono collegate in serie in una matrice 6 x 10 e l’effetto di un’eventuale ombra è mitigato dai 3 diodi di by-pass. Nell’eventualità in cui una cella non venga irraggiata come le altre, uno dei 3 diodi si attiva e la produzione del modulo viene garantita solo per 2/3 (un modulo da 300W potrebbe produrre 200W). Considerando invece un modulo con 120 celle half-cut ci saranno 2 serie da 60 celle in parallelo aventi in comune i 3 diodi di by-pass. In questo modo se una cella viene ombreggiata solo 1/6 del modulo risentirà dell’ombra (un modulo da 300W potrebbe quindi produrre 250W).

B) Diminuzione delle perdite resistive

Nelle celle half cut, essendo la superficie metà rispetto alle celle intere, la corrente prodotta sarà anch’essa dimezzata e di conseguenza le perdite saranno ridotte di ¼ (essendo le perdite proporzionali al quadrato della corrente). Inoltre, con una minore corrente circolante nei bus bar, la temperatura del modulo sarà più bassa concorrendo così ad aumentarne la producibilità.

C) Minore possibilità di crack

In una cella a minore superficie i microcrack che si formano nel tempo influiranno meno e il modulo fotovoltaico manterrà le prestazioni più a lungo nel tempo.

In allegato alla presente relazione è presente la scheda tecnica di dettaglio del modulo, mentre nel seguito si riportano le caratteristiche principali:

- **produttore: Trina Solar;**

- **modello: Ventex TSM-DEG21C.20 670**
- **tipologia: Bifacciali**
- **potenza di picco: 670 Wp;**
- **tensione massima di sistema: 1500V DC**
- **efficienza del modulo: 21.9%**
- **tensione a circuito aperto (Voc a STC): 46.30 V;**
- **corrente di corto circuito (Isc a STC): 18.55 A;**
- **dimensioni: 2384×1303×35 mm;**
- **peso: 38,7 kg.**

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	635	640	645	650	655	660	665	670
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5							
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.15	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35	17.39	17.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.21	18.26	18.31	18.35	18.40	18.45	18.50	18.55
Module Efficiency η_m (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	680	685	690	696	701	706	712	717
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.35	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60	18.63
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	19.48	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79	19.84
Irradiance ratio (rear/front)	10%							

Power Bifaciality: 70±5%.

2.2 Stringhe

Dal punto di vista del collegamento elettrico, si prevede di collegare 30 moduli in serie, per formare una "stringa".

Ogni stringa, pertanto, produce una potenza pari a:

$$30 \times 670 \text{ W} = 20,1 \text{ kW}$$

Di seguito i dati nominali della stringa (rif. Condizioni STC):

DATI PANNELLO

Marca
modello

Trina Solar
TSM-670DEG21C.20

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 7 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Potenza nominale (STC)	W_n	670	717	W
Guadagno bifacciale	%	0	10	%
Potenza condizioni operative (40°)	W _p	636	680	W
Tensione alla potenza massima	V _{MPP}	38,5	38,5	V
Corrente alla potenza massima	I _{MPP}	17,43	18,63	A
Tensione circuito aperto	V _{oc}	46,3	46,3	V
Corrente di corto circuito	I _{sc}	18,55	19,84	A
Efficienza del modulo	Eff	21,6%	23,1%	%

Stringa

numero moduli	n	30	30	
Potenza massima	P _{MAX}	20,10	21,51	kW
Tensione alla potenza massima	V _{MPP}	1155	1155	V
Tensione circuito aperto	V _{oc}	1389	1389	V
Corrente alla potenza massima	I _{MPP}	17,43	18,63	A
Corrente di corto circuito	I _{sc}	18,55	19,84	A

Calcoli per variazione di temperatura

Temperatura STC	T _{STC}	25	°C	
Coefficiente di temperatura per I _{sc}	α _{I_{sc}}	0,04%	%/°C	
Coefficiente di temperatura per V _{oc}	β _{V_{oc}}	-0,25%	%/°C	
Coefficiente di temperatura per P _{MAX}	γ _{P_{mp}}	-0,34%	%/°C	
Temperatura minima	T _{min}	-6	°C	
Temperatura massima	T _{max}	40	°C	
Tensione minima stringa	V _{min}	1111,7	1111,7	V
Tensione massima stringa	V _{max}	1496,6	1496,6	V
Corrente corto circuito (40°)	I _{sc-40}	18,7	19,8	A

Dove:

V_{min} STRINGA è la tensione minima VMPP della stringa alla massima temperatura ambiente del sito (40°C) calcolata come segue:

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 8 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

$$V_{min} = VMPP(25^{\circ}) \cdot (1 + \beta_{Voc} \cdot \Delta T) = VMPP(25^{\circ}) \cdot (1 + \beta_{Voc} \cdot (40 - 25))$$

$$V_{min} = 1155 \cdot (1 + (-0.26\%) \cdot 15) = \mathbf{1111,70 V}$$

Vmax STRINGA è la tensione massima Voc della stringa alla minima temperatura ambiente del sito (-6°C) calcolata come segue:

$$V_{max} = Voc(20^{\circ}) \cdot (1 + \beta_{Voc} \cdot \Delta T) = Voc(25^{\circ}) \cdot (1 + \beta_{Voc} \cdot (-10 - 25))$$

$$V_{max} = 1389 \cdot (1 + (-0.26\%) \cdot (-35)) = \mathbf{1496,6 V}$$

Imax STRINGA è la corrente massima IMP della stringa a condizioni STC

2. 3 Strutture di supporto

Le stringhe di 30 moduli saranno installate accoppiate su due file da 15 moduli su strutture monopalo a inclinazione fissa di 20°.

Le strutture saranno posizionate in direzione est-ovest con faccia rivolta verso sud e posizionate sul terreno in modo da avere un'altezza minima da terra di 2,1m.

2. 4 Cassette di stringa

Le stringhe da 30 moduli saranno unite in parallelo per formare un array di massimo 16 stringhe raccolte a livello elettrico in quadri di parallelo di campo denominati cassette di stringa o “combiner box” dotate anche di cablaggio dati per il monitoraggio da remoto dell’input elettrico di potenza e dei dati di produzione.

Le combiner box sono cassette di controllo intelligente (SMART) che consentono la misura della corrente di ogni singola stringa in ingresso dal generatore solare e permettono di realizzare in uscita il parallelo di tutte le stringhe di moduli FV ad essi collegate. Le smart box, altamente performanti, implementano la misura della corrente mediante trasduttori ad effetto Hall e favoriscono una puntuale localizzazione delle problematiche del campo FV minimizzando i tempi di mancata produzione ed agevolando l’intervento mirato e tempestivo del service. Ogni cassetta è equipaggiata con protezioni a varistori SPD contro le

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 9 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

sovratensioni; il sezionatore in uscita ed i portafusibili in ingresso permettono di isolare il singolo sottocampo FV o le singole stringhe dal resto dell’impianto, consentendo agli operatori di lavorare in piena sicurezza.

Caratteristiche principali:

Ingressi DC: 16 stringhe (massimo)

Massimo voltaggio uscita: 1500 V

Le cassette di stringa saranno in totale 50, così divise per i diversi sottocampi:

- **Sottocampo 1:** 503 stringhe collegate a 32 Smart Combiner Box
- **Sottocampo 2:** 506 stringhe collegate a 34 Smart Combiner Box
- **Sottocampo 3:** 503 stringhe collegate a 32 Smart Combiner Box
- **Sottocampo 4:** 508 stringhe collegate a 33 Smart Combiner Box
- **Sottocampo 5:** 509 stringhe collegate a 33 Smart Combiner Box

Le cassette saranno distribuite e installate fisicamente sul campo in prossimità della struttura di supporto dei moduli fotovoltaici mediante appositi ancoraggi e staffaggi in acciaio zincato, immorsati nel terreno.

2. 5 Cabine di campo e inverter

Dai quadri di parallelo l’energia prodotta verrà trasferita in corrente continua mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo (Power Station) che fungono da cabine di conversione da corrente continua (1500V DC) in corrente alternata (630V AC) e di trasformazione in grado di incrementare il voltaggio fino alla media tensione (MT 30kV).

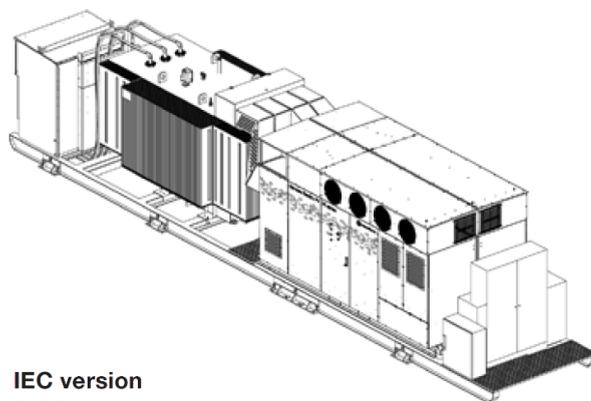
Nel presente progetto è prevista la divisione dell’impianto in 5 sottocampi, ognuno gestito da una power station Gamesa Electrics PV Proteus 2x4300, con doppio inverter da 4300 kVA (potenza nominale a 40°C), e trasformatore a doppio secondario della potenza di 10000kVA realizzato su skid e idoneo al posizionamento esterno.



Figura 1: Soluzione integrata su skid composto da 2 inverter e trasformatore con doppio secondario

Components Proteus PV Station

Inverters	2 x Proteus PV 4300
Transformer ⁽¹⁾⁽⁶⁾	Dyn KNAN / ONAN
Switchgear ⁽¹⁾⁽⁶⁾	0L1V / 1L1V / 2L1V up to 36 kV
Custom Auxiliary Transformer ⁽¹⁾	Optional
Others ⁽¹⁾	Auxilliary cabinet



IEC version
2 x PV

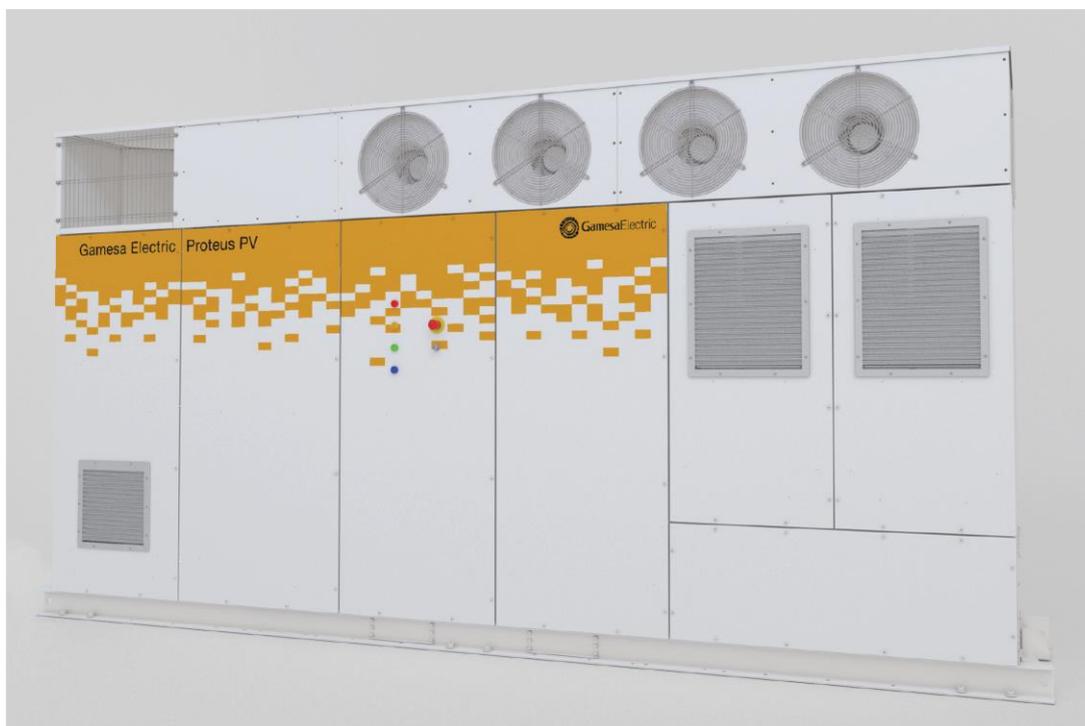


Figura 2: Inverter Gamesa Electric Proteus PV

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

Gamesa Electric
Proteus PV 4300

DC Input

DC Voltage Range ⁽¹⁾	875 - 1500 V
DC Voltage Range MPPT ⁽¹⁾	875 - 1300 V
Number of Power Modules	2, not galvanically isolated, 1 MPPT
Max. DC Current @40°C [104°F]	2 x 2500 A
Max. DC Current @50°C [122°F]	2 x 2313 A
Max. DC Current @55°C [131°F]	2 x 2220 A
Max. DC Current @60°C [140°F]	2 x 1110 A
Maximum Short-circuit Current, I _{sc} PV	Up to 9000 A
Nr of DC Ports ⁽¹⁾	max 24 fuse +/- monitored max 36 fuse + monitored
Fuse Dimensions	125 A to 500 A
Max. Wire Cross Section per DC Input	2 x 400 mm ² - 800 AWG
Energy Production from	0.5% P _n approx.

AC Output

Number of phases	Three-phase
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4299 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	3979 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	3819 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	1910 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	
Nominal AC Voltage ⁽¹⁾	630 Vrms
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 53/57 - 63 Hz
THD of AC Current	< 1% @Sn
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)
Maximum Wire Cross Section per AC Output Phase	6 x 400 mm ²

Performance

Max. Efficiency	99.45%
Euro Efficiency	99.24%
CEC Efficiency	99.07%
Stand-by Power Consumption	< 200 W

General Data

Temperature Range - Operation ⁽²⁾	-20°C / +60°C [-4°F / +140°F]
Maximum Altitude ⁽³⁾	< 2,000 m [6,561 ft] (w/o derating)
Cooling System	Liquid & forced air
Relative Humidity	4% - 100% (w/o condensation)
Seismic ⁽¹⁾	Zone 4 IBC 2012
Max. wind speed ⁽¹⁾	288 km/h (179 mph)
Snow load ⁽¹⁾	2.5 kN/m ²
Protection Class	IP55 class 1, NEMA3R
Dimensions (W/H/D)	4,325 x 2,250 x 1,022 mm [170.3" x 88.5" x 40.2"]
Weight	4,535 kg [10,000 lb]

	<p style="text-align: center;">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 14 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Ai fini della configurazione stringhe-inverter risultano rispettate le seguenti condizioni:

$$V_{min} \text{ STRINGA} > V_{min} \text{ INVERTER}$$

$$1111,7 \text{ V} > 875 \text{ V}$$

$$V_{max} \text{ STRINGA} < V_{max} \text{ INVERTER}$$

$$1496,60 \text{ V} < 1500 \text{ V}$$

$$I_{max} \text{ IN} < I_{max} \text{ INVERTER}$$

$$N_s \cdot N_c \cdot I_{MP} = < 5000 \text{ A}$$

$$4865,9 < 5000 \text{ A verificata}$$

Dove:

V_{min} INVERTER è la tensione minima dell’inverter

V_{max} INVERTER è la tensione massima di funzionamento dell’inverter

I_{max} INVERTER è la corrente massima MPPT dell’inverter

N_s numero di ingressi della combiner box

N_c numero massimo di combiner box collegate ad inverter

DATI INVERTER

MARCA	Gamesa Electric	
Modello	Proteus PV 4300	
Tensione minima avvio inverter	V_{min_inv}	955 V
Tensione massima in ingresso	V_{max_inv}	1500 V
Numero MPPT	MPPT	1
Numero ingressi per MPPT		2
Corrente massima per ingresso		2500 A
Corrente massima Inverter (40°)	I_{MPP}	5000 A
Massima corrente corto circuito	I_{sc}	9000 A
Potenza nominale a 40°C	Pn	4299 W
Numero totale ingressi	N_{IN}	24
Rapporto DC/AC ammesso		2
Numero stringhe	N_{st}	1
Potenza massima in ingresso	P_{IN}	5125,5 W

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

combiner box

numero stringhe	$n_{in-comb}$	16,0	
Potenza uscita	P_{comb}	321,6 W	
corrente massima	$V_{max-comb}$	400,0 A	
Corrente massima (STC)	I_{max}	278,88 A	VERIFICATO
Corrente di corto circuito	I_{sc}	296,8 A	VERIFICATO

Inverter

Stringhe collegate	$n_{stringhe}$	255	non verificato
Fusibile ingresso		400 A	VERIFICATO
Potenza massima	P_{DC-IN}	5125,50 W	
rapporto DC/AC		1,19	VERIFICATO
Tensione minima stringa	V_{min}	1111,7 V	VERIFICATO
Tensione massima stringa	V_{max}	1496,6 V	VERIFICATO
Corrente massima ingresso (STC)	I_{max-IN}	4444,7 A	VERIFICATO
Corrente di corto circuito (T_{max})	I_{sc}	4758,6 A	VERIFICATO
guadagno bifacciale			10%

combiner box

numero ingressi	$n_{in-comb}$	17,0	
Potenza uscita	P_{comb}	365,7 W	
corrente massima	$V_{max-comb}$	400,0 A	
Corrente massima (STC)	I_{max}	316,71 A	VERIFICATO
Corrente di corto circuito	I_{sc}	337,28 A	VERIFICATO

Inverter

Stringhe collegate	$n_{stringhe}$	255	VERIFICATO
Fusibile ingresso		400 A	VERIFICATO
Potenza massima	P_{DC-IN}	5485,05 W	
rapporto DC/AC		1,28	VERIFICATO
Tensione minima stringa	V_{min}	1111,7 V	VERIFICATO
Tensione massima stringa	V_{max}	1496,6 V	VERIFICATO
Corrente massima ingresso (STC)	I_{max-IN}	4750,65 A	VERIFICATO
Corrente di corto circuito (T_{max})	I_{sc}	5059,2 A	VERIFICATO

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 16 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Ogni inverter è dotato di un unico MPPT dotato di 2 ingressi DC con un corrente massima a 40° di 2500 A. La corrente massima in ingresso con il collegamento di 255 stringhe è inferiore alla corrente massima in ingresso dell’inverter, pertanto, in caso di condizioni STC (con guadagno di bifaccialità del 10%), l’inverter consentirà l’immissione della corrente di stringa a limite massimo consentito.

2. 6 Trasformatore

Nel presente progetto è prevista la divisione dell’impianto in 5 sottocampi. In ogni sottocampo è prevista una power station con doppio inverter in cui verrà installato il trasformatore di elevazione MT/BT della potenza di 10000 kVA. Sarà a doppio secondario con tensione di 630V ed avrà una tensione al primario di 30kV con le seguenti caratteristiche a seguito:

- Tipo olio (avvolgimenti impregnati)
- Nucleo magnetico realizzato con lamierini a cristalli orientati a basse perdite
- Dimensioni tipo: 2240 (a) x1120 (b) x2390 (c) mm
- Peso: 9000 Kg ca
- frequenza nominale 50 Hz
- Tensione primario 30 KV
- Tensione secondario 0,69 KV
- Perdite 6%
- simbolo di collegamento Dyn
- collegamento primario triangolo
- collegamento secondari a stella
- classe ambientale E2
- classe climatica C2
- comportamento al fuoco F1
- classe di isolamento termico primarie e secondarie F/F
- temperatura ambiente max. 40 °C
- installazione interna

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 17 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

- tipo raffreddamento: KNAN estere con raffreddamento naturale ad aria
- altitudine sul livello del mare $\leq 1000\text{m}$

2.7 Potenza dell’impianto

L’impianto, come detto, è suddiviso in 2 "sottocampi", caratterizzati dalle seguenti potenze di picco:

- **Sottocampo 1:**

503 stringhe x 30 Moduli

15.090 moduli da 670 Wp

32 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.300 kVA

Potenza totale in DC: 10.110 kWp

Potenza totale in AC: 8.600 kVA

- **sottocampo 2:**

506 stringhe x 30 Moduli

15.180 moduli da 670 Wp

34 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.300 kVA

Potenza totale in DC: 10.171 kWp

Potenza totale in AC: 8.600 kVA

- **Sottocampo 3:**

506 stringhe x 30 Moduli

15.090 moduli da 670 Wp

32 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.300 kVA

Potenza totale in DC: 10.110 kWp

Potenza totale in AC: 8.600 kVA

	<p style="text-align: center;">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 18 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

- **Sottocampo 4:**

508 stringhe x 30 Moduli

15.240 moduli da 670 Wp

33 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.300 kVA

Potenza totale in DC: 10.211kWp

Potenza totale in AC: 8.600 kVA

- **Sottocampo 5:**

509 stringhe x 30 Moduli

15.270 moduli da 670 Wp

33 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.300 kVA

Potenza totale in DC: 10.231 kWp

Potenza totale in AC: 8.600 kVA

In totale, quindi, saranno installati 75.870 moduli per una potenza di picco installata in corrente continua pari a:

$$75.870 \text{ moduli} \times 670 \text{ Wp} = 50.832,9 \text{ kWp} = 50,83 \text{ MW DC}$$

La potenza apparente totale dell’impianto, in corrente alternata, data dalla somma della potenza degli inverter sarà pari a:

$$4.300(1) + 4.300(2) + 4.300(3) + 4.300(24) + 4.300(5) + 4.300(6) + 4.300(7) \\ + 4.300(8) + 4.300(9) + 4.300(10) = 43.000 \text{ kVA}$$

Assumendo un cosfi di 0,93 ne deriva una potenza nominale in AC di 40,00 MW con un rapporto DC/AC pari a 1,2.

2.8 Soluzioni impiantistiche di protezione

Gli impianti saranno costruiti in modo da consentire al personale addetto all’esercizio ed alla

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 19 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

manutenzione di circolare e di intervenire in sicurezza in ogni punto dell'impianto, secondo le circostanze, nell'ambito dei propri compiti e delle autorizzazioni concesse e in linea con la Norma CEI 64-8.

2.8.1 Protezione contro i contatti diretti

Nella costruzione degli impianti va considerato di evitare il contatto non intenzionale con parti attive od il raggiungimento di zone pericolose prossime alle parti attive.

Per quanto riguarda le parti attive, vanno protette quelle con il solo isolamento funzionale e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso:

- parti esposte attive;
- parti degli impianti dove sono state rimosse guaine metalliche collegate a terra o schermi conduttori di cavi;
- cavi ed accessori sprovvisti di schermi metallici collegati a terra, nonché cavi flessibili sprovvisti di schermi conduttori elastomerici;
- terminali e guaine conduttrici dei cavi, se essi possono portarsi ad una tensione pericolosa;
- corpi isolanti di isolatori ed altre parti simili, se può insorgere una tensione di contatto pericolosa;
- telai o contenitori di condensatori, convertitori e trasformatori di conversione, che possono essere in tensione durante il normale esercizio;
- avvolgimenti di macchine elettriche, trasformatori e reattori.

I tipi di protezioni che potrebbero essere adottati sono i seguenti:

- protezione per mezzo di involucri;
- protezione per mezzo di barriere (ripari);
- protezione per mezzo di ostacoli (parapetti);
- protezione mediante distanziamento.

Le barriere devono impedire che nessuna parte del corpo di un uomo possa raggiungere la zona di guardia prossima alle parti attive e possono quindi essere pareti piene, pannelli o reti metalliche con

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 20 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

un'altezza minima di 2000 mm.

Gli ostacoli possono essere realizzati tramite l'impiego di coperture, parapetti, catene e corde oppure utilizzando pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza inferiore ai 2000 mm e che quindi non possono rientrare nelle barriere.

La protezione mediante distanziamento si ottiene collocando le parti attive al di fuori della zona dove le persone possono abitualmente soffermarsi o muoversi tenendo conto della distanza che si può raggiungere con le mani in qualsiasi direzione.

Le porte dei locali per le apparecchiature o per gli scomparti, utilizzate come elementi di chiusura, devono essere progettate in modo tale da poter essere aperte solo mediante attrezzi o chiavi.

2.8.2 Protezione contro i contatti indiretti

Nei sistemi di II categoria per la protezione contro i contatti indiretti la cabina deve essere dotata di un impianto di terra conforme alla Norma CEI 11-1.

Le masse o masse estranee facenti parte della cabina devono essere collegate all'impianto di terra. Per poter dimensionare l'impianto di terra si deve richiedere all'Ente Distributore:

- il valore della corrente di guasto a terra della rete;
- il tempo di eliminazione del guasto.

Le prescrizioni da rispettare affinché venga assicurata la protezione sono:

- Neutro collegato direttamente a terra;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione comuni PEN: sistema TN-C;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione separati PE + N: sistema TN-S;
- Masse di utilizzazione collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra in più punti e alla messa a terra dell'alimentazione;
- Sgancio obbligatorio al primo guasto d'isolamento, eliminato tramite i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o del differenziale.

I dispositivi di interruzione automatica ammessi dalle norme sono:

- Il dispositivo a corrente differenziale;
- Il dispositivo contro le sovracorrenti.

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 21 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

In un sistema IT il neutro del trasformatore non è connesso a terra, si dice, quindi, "sistema a neutro isolato". In questo tipo di sistema non è prevista alcuna protezione contro i contatti indiretti, in quanto l'intero sistema si ritiene isolato.

Un sistema come quello in oggetto viene impiegato, generalmente, laddove siano presenti situazioni di lavoro ove sia prioritaria la continuità del servizio, in quanto la presenza di un primo guasto a terra non dà luogo a correnti di valore elevato e /o pericoloso per le persone. La corrente di guasto a terra assume valori molto bassi, tipicamente fino a 2 A, e si richiude sul nodo di alimentazione attraverso l'impianto di terra delle masse e le capacità verso terra dei conduttori di linea. Il ridotto valore della corrente di guasto fa sì che non si abbia alcun intervento delle protezioni, le tensioni di contatto originate assumeranno, quindi, valori particolarmente bassi.

Normalmente in sistemi di questo tipo si prevede l'utilizzo di un dispositivo di controllo di isolamento il quale verifica se, effettivamente, il sistema rimane isolato nel tempo o sia necessario intervenire per ripristinare l'isolamento, segnalando le eventuali condizioni anomale che si manifestano in caso di guasto.

Questo dispositivo segnala qualsiasi riduzione significativa del livello di isolamento dell'impianto permettendo così l'individuazione della causa di questa riduzione prima del verificarsi di un secondo guasto a terra, che causerebbe l'interruzione dell'alimentazione.

Nel caso di doppio guasto a terra, infatti, si viene a modificare il sistema di distribuzione vanificando ogni beneficio di una rete isolata da terra. In funzione di come sono collegate le masse degli utilizzatori all'impianto di terra il sistema potrebbe passare da una situazione IT a TN o TT, in entrambi i casi si avrebbero elevate correnti di guasto.

La norma prevede dunque che, in presenza di un doppio guasto a terra, il sistema debba essere interrotto, con modalità diverse nel caso di sistemi TT o TN cui migrerebbe il sistema IT di partenza.

La norma, inoltre, raccomanda di non distribuire il conduttore di neutro nei sistemi IT, in primis per evitare il rischio che, in sistemi relativamente complessi, questo possa essere accidentalmente collegato a terra, vanificando in tal modo i vantaggi di un sistema IT; la

	<p style="text-align: center;">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 22 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

seconda ragione secondo cui la norma raccomanda di non distribuire il neutro è legata a problematiche più prettamente impiantistiche, in quanto l'impedenza dell'anello di doppio guasto nei sistemi con neutro distribuito deve risultare inferiore che non nei sistemi a neutro non distribuito, con la conseguenza delle difficoltà pratiche nella realizzazione di una impedenza bassa e la conseguente difficoltà di coordinamento dei dispositivi di interruzione automatica per la protezione dai contatti indiretti.

2.8.3 Protezione dai sovraccarichi

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una conduttura avente corrente di impiego I_b e portata I_z ($I_b < I_z$) si deve installare nel circuito della conduttura un dispositivo di protezione avente corrente nominale I_n e corrente convenzionale di funzionamento I_f che soddisfino le condizioni seguenti:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1.45 \cdot I_z$$

dove I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi deve avere caratteristiche tali da consentire, senza interrompere il circuito, i sovraccarichi di breve durata che si producono nell'esercizio ordinario (Norme CEI 64-8).

Per quanto riguarda il rispetto della seconda condizione, nel caso di interruttori automatici non è necessaria alcuna verifica, in quanto la corrente di sicuro funzionamento è, rispettivamente:

- $1.45 \cdot I_z$ per interruttori uso domestico conformi alla CEI 23-3;
- $1.30 \cdot I_z$ per interruttori uso industriale conformi alla CEI-EN 60947-2.

2.8.4 Protezione conduttori contro il corto circuito

I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono rispondere alle seguenti condizioni.

- 1) Devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione. È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 23 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

protezione con potere di interruzione inferiore, a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione; in questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che il valore di $I^2 \cdot t$ lasciato passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quello che può essere sopportato senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette. La corrente di cortocircuito da prendere in considerazione deve essere la più elevata che si può produrre in relazione alle configurazioni; in caso di impianto trifase si deve considerare il guasto trifase.

- 2) Devono intervenire in un tempo inferiore a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile. Questa condizione deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della conduttura protetta. In prima approssimazione, per cortocircuiti di durata non superiore a 5 sec, la condizione che il cortocircuito non alzi la temperatura dei conduttori dal valore massimo in servizio normale oltre al limite ammissibile si può verificare con la formula $I^2 \cdot t < k^2 \cdot S^2$ oppure verificando la curva dell'integrale di Joule fornita dal costruttore (Norma CEI 64-8).

2.8.5 Protezione contro i fulmini

L'impianto in progetto sarà soggetto a periodica manutenzione che comporta, pertanto, la presenza occasionale del personale addetto. Secondo il decreto Legislativo 81/2008, quindi, il datore di lavoro alla denuncia all'ASL/ARPA e all'ISPESL dei dispositivi di collegamento a terra e di dispersione delle scariche atmosferiche e alla verifica periodica degli stessi da parte dell'ASL/ARPA, o di un organismo abilitato, secondo l'art. 4 dello stesso decreto.

Protezioni contro le tensioni di passo e contatto

Con il collegamento delle strutture metalliche all'impianto di terra dei prefabbricati si crea una situazione di equipotenzialità tale da evitare l'insorgere di pericolose tensioni di passo e contatto.

Protezioni delle apparecchiature da sovratensioni



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p style="text-align: center;">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p style="text-align: center;">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 24 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Sono previste idonee protezioni contro le sovratensioni, sia per il lato in corrente continua, con scaricatori di sovratensioni su ogni campo fotovoltaico, sia sul lato in corrente alternata.

Realizzazione dell’impianto di terra

L’impianto di terra della cabina sarà realizzato con un anello perimetrale in corda di rame nudo e ai quattro vertici verranno posti dei picchetti in acciaio zincato di lunghezza 2 m completi di collare per il fissaggio della corda di rame. È opportuno che siano presi tutti i provvedimenti per limitare gli effetti della corrosione con particolare attenzione agli accoppiamenti di metalli diversi. Il terreno di riempimento intorno al dispersore dovrà essere del tipo vegetale e non contenere materiale di risulta.

L’impianto di terra realizza il collegamento equipotenziale di tutte le parti metalliche. La sezione dei conduttori equipotenziali principali sarà maggiore o uguale a metà di quella del conduttore di protezione principale di sezione maggiore, con un minimo di 6 mm².

L’impianto di dispersione sarà costituito da dispersori a puntazza di acciaio zincato $l = 2$ m e da treccia di rame nuda $S = 50$ mm².

Andrà realizzato il collegamento a terra delle strutture metalliche.

Gli impianti di terra delle strutture prefabbricate sono tutti tra essi collegati e da questi alle strutture metalliche dell’impianto, anch’esse connesse a terra. Si crea, in tal modo, una unica maglia equipotenziale comune a tutto l’impianto, tale da evitare l’insorgere di tensioni pericolose di passo e di contatto.

Al conduttore di protezione dell’impianto di terra andranno collegate tutte le masse metalliche che, per cedimento dell’isolamento, potrebbero assumere il potenziale dell’impianto (tubazioni, canaline, cassette e scatole metalliche, carcasse dei quadri elettrici). L’impianto di terra della cabina sarà realizzato con un anello perimetrale in corda di rame nudo e ai quattro vertici verranno posti dei picchetti in acciaio zincato di lunghezza 2 m completi di collare per il fissaggio della corda di rame. È opportuno che siano presi tutti i provvedimenti per limitare gli effetti della corrosione con particolare attenzione agli accoppiamenti di metalli diversi. Il terreno di riempimento intorno al dispersore dovrà essere del tipo vegetale e non contenere materiale di risulta.

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 25 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Verifica dell'impianto di terra

Conoscendo la massima corrente di guasto a terra I_f e il tempo di eliminazione del guasto a terra t_f richiesti dall'ente distributore, e quindi il valore di contatto U_{tp} ammissibile in relazione al tempo di intervento delle protezioni (tabella C.3 della CEI 11-1), si può calcolare il massimo valore della resistenza di terra ammissibile.

Se la massima tensione di contatto rientra nei limiti $U_t \leq U_{tp}$ l'impianto di terra è considerato idoneo, altrimenti bisogna intervenire per riportare la tensione di contatto entro i limiti di sicurezza.

Se nei locali saranno presenti lavoratori subordinati anche solo stagionali si fa presente che si dovrà procedere alla verifica dell'impianto di terra e alla denuncia all'ISPESL e all'ASL/ARPA.

2.8.6 Cartelli

Nella cabina MT/BT si dovranno installare i cartelli (di divieto, avvertimento e avviso) sotto elencati, realizzati (pittogrammi ed eventuali scritte) secondo le disposizioni di legge in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro (d.lgs. 81/2008 e s.m.i.).

I segnali, le targhe, i cartelli posti all'esterno devono essere scritti con caratteri indelebili su un supporto che garantisca una buona resistenza alle intemperie.

All'esterno della cabina, su ciascuna porta d'accesso e su ogni lato di eventuali recinzioni saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto d'accesso alle persone non autorizzate;
- Tensione elettriche pericolosa;

Sulla porta d'ingresso al locale, oltre ai tre precedenti, saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto di usare acqua per spegnere incendi;
- Tensione.

All'interno della cabina si dovranno avere:

- Istruzioni relative ai soccorsi d'emergenza da prestare agli infortunati per cause elettriche compilato nelle parti relative ai numeri telefonici da contattare in caso di necessità

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 26 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

(medici, ospedali, ambulanze, ecc. più vicini);

- Schema elettrico;
- In prossimità delle apparecchiature di MT, indicare la tensione;
- A disposizione del personale addetto alla manutenzione, il cartello indicante il divieto di effettuare manovre;
- Sulle eventuali uscite di emergenza l'apposito segnale.

Nel caso sia prevista una sorgente autonoma di energia, questa viene segnalata mediante apposita targa posta in corrispondenza del dispositivo di sezionamento del circuito che la collega alla cabina.

Quando la cabina prevede batterie di condensatori e/o batterie di accumulatori, le porte delle celle corrispondenti sono munite di una targa che segnala la presenza di condensatori e delle batterie di accumulatori.

Per cabine elettriche complesse è opportuno che sia esposto uno schema unifilare per permettere anche in caso di urgenza una rapida comprensione delle manovre da eseguire.

Si consiglia inoltre la predisposizione di una tasca porta documenti fissata alla parete.

I dati relativi alla regolazione delle protezioni, le sezioni dei cavi, ecc. possono essere riportati su schemi diversi e tenuti a disposizione per gli interventi di manutenzione o modifica.

2.8.7 Materiale per l'esercizio e la manutenzione

In ciascun locale dove possono essere effettuate manovre sull'impianto di II categoria, a meno che gli addetti non ne siano dotati, devono essere disponibili le appropriate dotazioni di sicurezza (pedane o tappeti isolanti, fioretto di manovra, guanti isolanti).

2.8.8 Mezzi di estinzione

Gli eventuali mezzi di estinzione devono essere collocati in luoghi facilmente accessibili anche in caso di incendio. L'acqua non deve essere usata per lo spegnimento di incendi, quando le materie con le quali verrebbe a contatto possono reagire in modo da aumentare

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 27 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

notevolmente di temperatura o da svolgere gas infiammabili o nocivi. L'acqua (a meno che non si tratti di acqua nebulizzata) e le altre sostanze conduttrici non devono essere usate in prossimità di conduttori, macchine e apparecchi elettrici sotto tensione e si consiglia vivamente di non ricorrere a getti d'acqua per lo spegnimento di fiamme o incendio che si siano prodotti all'interno del locale cabina.

2.8.9 Qualifica del personale

Il personale che entra in cabina è autorizzato nel momento stesso in cui riceve la chiave dal responsabile dell'impianto. Ovviamente, può essere autorizzata una persona che abbia conoscenze tecniche o esperienza (persona esperta - PES) o che abbia ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate (persona avvertita - PAV).

Persona esperta è, ad esempio, un installatore o un manutentore qualificato. L'addetto alle pulizie della cabina è invece una persona comune e per diventare persona avvertita deve ricevere adeguate istruzioni e/o sorveglianza, in relazione al tipo di cabina (a giorno o con quadri chiusi), al tipo di intervento richiesto ed agli attrezzi utilizzati. Ad esempio, per eseguire la pulizia di una cabina a giorno con parti attive accessibili deve essere sorvegliato da una persona esperta. In una cabina con parti attive non accessibili è sufficiente un'informazione sui rischi presenti e comportamenti da seguire.

Da notare che gli aggettivi "esperta" o "avvertita" hanno una validità generale e non sono da confondere con il caso particolare relativo alle qualifiche richieste per i lavori elettrici. In altre parole, per entrare in cabina non è necessario avere la qualifica di persona esperta o avvertita ai fini dei lavori elettrici, a meno che non si debbano eseguire tali lavori.

2.9 Apparecchiature e componenti

I cavi dei sistemi di II categoria devono essere dotati di uno schermo o di una guaina metallica connessa a terra almeno ad una estremità del cavo.

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 28 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

Connessioni elettriche

Le connessioni elettriche devono essere eseguite in modo tale da non rappresentare punti deboli e devono essere studiate in modo da limitare la possibilità di effluvio, presentare una bassa resistenza elettrica e un'adeguata resistenza meccanica. In particolare, le connessioni dovranno avere caratteristiche elettriche e termiche non inferiori a quelle dei cavi o dei conduttori ad essi collegati. Le connessioni dei conduttori con i terminali degli apparecchi devono essere comunque tali da non trasmettere ai terminali inammissibili sollecitazioni termiche o meccaniche dovute a peso, dilatazione, vibrazioni, correnti di cortocircuito. Si raccomanda particolare attenzione all'ancoraggio dei cavi unipolari in corrispondenza alle connessioni terminali. Le connessioni devono essere realizzate con metalli che non diano luogo a coppie elettrolitiche; ove ciò non sia possibile devono essere adottati provvedimenti atti ad evitare il contatto diretto tra gli stessi. Le superfici di contatto delle connessioni devono essere preparate e protette in modo da assicurare il mantenimento nel tempo delle loro caratteristiche di conduttività.

Materiali isolanti

I materiali isolanti devono essere scelti in base alla tensione, all'ambiente di installazione e alla temperatura massima di servizio continuativo cui sono sottoposti e devono avere adeguate caratteristiche di non propagazione della fiamma. In caso di locali contigui tra i quali si voglia realizzare la separazione, la continuità dei circuiti che non siano realizzati a mezzo di cavi viene assicurata a mezzo di appositi isolatori a passante. Se si adottano altri sistemi, questi devono offrire la stessa garanzia di segregazione degli isolatori passanti.

Sezionatori

Nei sistemi di II categoria un dispositivo di sezionamento deve essere previsto in corrispondenza di ogni interruttore, dei fusibili di protezione e di ogni interruttore di manovra che non soddisfi le norme dei sezionatori. La possibilità di sezionamento del circuito deve essere prevista anche sulle linee di alimentazione o con possibile alimentazione di ritorno ed il

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 29 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

sezionatore può essere posizionato anche lontano dalla cabina stessa. Gli apparecchi di manovra in esecuzione estraibile delle apparecchiature prefabbricate con involucro metallico svolgono anche la funzione di sezionatore. I sezionatori sono in genere interbloccati con i relativi apparecchi di manovra in modo da impedire la loro apertura o chiusura sotto carico. Qualora ciò non venga realizzato, sul pannello frontale della cella è consigliabile che sia indicata la corretta sequenza delle operazioni di manovra. I dispositivi di sezionamento devono essere equipaggiati in modo da permetterne il bloccaggio in posizione di aperto e chiuso. Il comando del dispositivo di sezionamento deve consentire l'applicazione dei blocchi eventualmente previsti in base alle esigenze della cabina. Ad ogni sezionatore o apparecchio di manovra in esecuzione estraibile è opportuno associare un sezionatore di terra interbloccato con la sua posizione di aperto o sezionato. Nel caso di sezionatori di terra posti in corrispondenza di una linea per la quale esiste la possibilità di alimentazione dall'altra estremità possono essere prese in considerazione, ad esempio, le seguenti soluzioni:

- Uso di sezionatore di terra con blocco a chiave condizionato al sicuro sezionamento della linea all'altra estremità;
- Uso di sezionatore di terra con potere di chiusura adeguato al valore della corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

I sezionatori e i sezionatori di terra devono avere caratteristiche termiche e dinamiche adeguate all'intensità e alla durata della corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Il comando meccanico deve essere facilmente manovrabile dall'operatore e dal posto di comando deve essere possibile riconoscere la posizione raggiunta dal dispositivo di sezionamento mediante una delle seguenti condizioni:

- Sezionamento visibile;
- Segnalazione di un dispositivo indicatore sicuro;
- Posizione della parte estraibile rispetto alla parte fissa chiaramente identificabile rispetto al completo inserimento od al completo sezionamento.

Interruttori

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 30 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Nei sistemi di II categoria gli interruttori devono avere un potere di interruzione e di chiusura adeguato alla corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Gli interruttori devono avere un comando di apertura e di chiusura con manovra indipendente dall'operatore. Quando è previsto un comando con sorgente esterna di energia, deve essere previsto anche un comando a mano di emergenza.

Interruttori di manovra

Nei sistemi di II categoria per gli interruttori valgono le disposizioni sopraelencate e per gli interruttori di manovra sezionatori si fa riferimento al paragrafo "Sezionatori" di questa relazione. Nel caso di combinazione interruttore di manovra-fusibile l'intervento di un fusibile deve provocare l'apertura automatica di tutti i poli dell'interruttore di manovra.

Relè di protezione

Ogni circuito equipaggiato con interruttore che svolge la funzione di protezione del circuito stesso deve essere dotato di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti che agiscono sul comando di apertura dell'interruttore.

I dispositivi di protezione possono essere:

- Relè diretti;
- Relè indiretti senza alimentazione ausiliaria;
- Relè indiretti con alimentazione ausiliaria.

I relè indiretti possono essere inseriti sia a monte che a valle dell'interruttore purché sia assicurato il funzionamento corretto dell'insieme, inoltre si deve prestare particolare attenzione all'adeguatezza delle loro caratteristiche termiche e dinamiche.

I relè di massima corrente possono essere con caratteristica di intervento a tempo dipendente, indipendente, istantaneo o con una combinazione di queste.

L'alimentazione dei circuiti amperometrici dei relè indiretti dovrebbe essere fatta preferibilmente da trasformatori di corrente di protezione o, nel caso di trasformatori con più secondari, utilizzando i secondari di protezione.

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 31 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Nel caso di impiego di relè indiretti senza alimentazione ausiliaria, l'energia necessaria al funzionamento del relè e dello sganciatore viene prelevata direttamente dalla corrente di guasto. Il relè deve essere dotato di un dispositivo di prova che consenta di verificare agevolmente il suo corretto funzionamento.

Nel caso di impiego di relè indiretti con alimentazione ausiliaria, è necessario disporre di una sorgente indipendente che assicuri l'alimentazione anche in caso di guasto.

TA e TV di protezione

I trasformatori di corrente (TA) e i trasformatori di tensione (TV) di protezione hanno esigenze e quindi caratteristiche diverse dai TV di misura. I TA e TV di misura devono garantire una corretta misurazione della grandezza (corrente o tensione), nel proprio campo d'impiego e salvaguardare gli strumenti di misura da eventuali sovracorrenti. Ad esempio, i TA di misura garantiscono in genere una risposta lineare per correnti da 0,1 In a 1,2 In e saturano rapidamente per valori superiori, in modo che eventuali correnti di cortocircuito non danneggiano i delicati equipaggi degli strumenti di misura collegati sul secondario. I TA e i TV di protezione, invece, devono garantire una rilevazione corretta della grandezza elettrica per un campo di valori molto più ampio di un trasformatore di misura. Non si può impiegare un TA di misura per alimentare un relè di protezione, perché il TA di misura va in saturazione con le correnti di cortocircuito: la corrente sul secondario non è più proporzionale a quella sul primario e potrebbe non provocare l'intervento delle protezioni di massima corrente. I circuiti secondari di TA e TV devono essere collegati a terra (se non sono separati dal primario con uno schermo messo a terra), con conduttore di sezione minima 2,5 mm² se protetto meccanicamente, altrimenti 4 mm².

Trasformatori

I trasformatori devono essere installati in modo da impedire contatti accidentali con i terminali e le superfici isolanti degli avvolgimenti. Il trasformatore è installato in uno dei seguenti modi:

- Dietro barriere rigide, di altezza almeno uguale a 2 m;

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 32 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

- Dietro ostacoli di altezza compresa tra 1,2 m e 1,4 m (parapetti catene o funi), aventi una distanza minima dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore maggiore o uguale alla distanza di guardia $A = (dg + 1250)$ mm;
- In involucri con grado di protezione almeno IP2X. Al di fuori delle cabine elettriche è richiesto un grado di protezione minimo IP23D.

Per possibilità di installazione dietro barriere rigide, bisogna tener conto che:

- Per barriere con grado di protezione maggiore o uguale a IP1XB la distanza dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di guardia (dg);
- Per barriere metalliche, collegate a terra, con grado di protezione maggiore o uguale a IP3X la distanza dai terminali e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di isolamento fase – terra (N).

I trasformatori in resina possono essere installati, senza particolari accorgimenti, nello stesso locale con i quadri di media e bassa tensione. Nel caso di più trasformatori in resina di classe F1 nello stesso locale, non sono prescritte particolari precauzioni contro gli incendi, né provvedimenti per la loro separazione.

Una separazione tra i trasformatori, mediante pareti di materiale incombustibile è comunque vantaggiosa, perché permette di accedere in sicurezza a ciascuna unità, mantenendo le altre in servizio. Gli involucri di protezione ostacolano la libera circolazione dell'aria, il che potrebbe portare al declassamento della potenza del trasformatore.

Le ditte costruttrici hanno pertanto adottato, per potenze fino a 2500 kVA, opportuni accorgimenti che creano all'interno degli involucri le stesse condizioni ambientali che si avrebbero in assenza del contenitore. Tali condizioni devono essere garantite dal costruttore del trasformatore, che generalmente è anche fornitore dell'involucro. L'accesso all'involucro di protezione, necessario per le normali operazioni di ispezione e di manutenzione, deve essere effettuato con l'impianto fuori servizio e in sicurezza. A tal fine, un sistema di interblocco a chiave con gli organi di sezionamento, oppure l'impiego di pannelli avvitati asportabili solo con l'uso di attrezzi, contribuiscono ad aumentare la sicurezza degli operatori contro i contatti.

2.10 Impianto di videosorveglianza e illuminazione

Si installerà un impianto anti-intrusione perimetrale comprensivo di filo di movimento, sensori perimetrali e tutto il necessario per rendere l’impianto funzionante. Inoltre verrà realizzata una trincea lungo il perimetro, per il passaggio del cavo dati necessario alla realizzazione dell’impianto di video sorveglianza e del cavidotto di illuminazione. I pali per l’illuminazione saranno lampioni solari stradali con corpo illuminante a LED, collegati da un cavidotto di tubi in polietilene ad alta rigidità SN 4: Ø esterno 200 mm, Ø interno 172 mm.

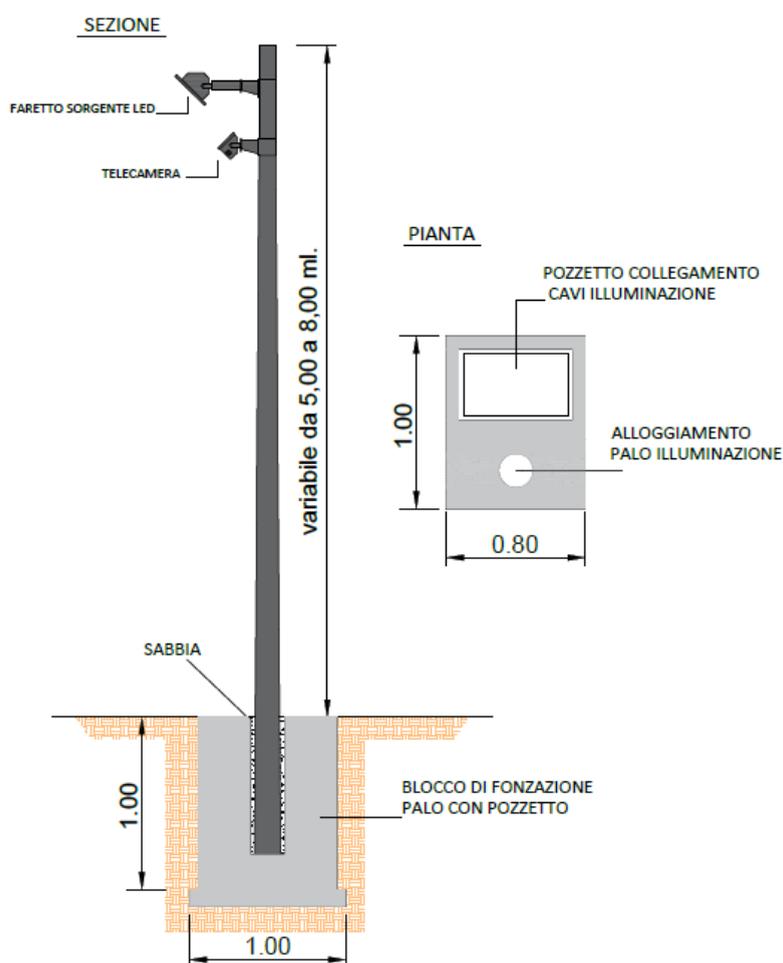


Figura 3 – Particolare palo di illuminazione con pozzetto di fondazione e videocamera

2.11 Recinzioni e cancelli

Lungo il perimetro, per una lunghezza di circa 3300 metri, verrà collocata una recinzione metallica con maglia 50x50 mm, in filo di ferro zincato, Ø 2 mm, di altezza 2 m ancorata a pali di sostegno in profilato metallico a T.

Per l'ingresso previsto un cancello carrabile largo m 7,00 ed un cancello in acciaio S235 JR secondo la norma UNI EN 10025 di altezza 2 m, completo di serratura manuale e guide di scorrimento a terra, inserito fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

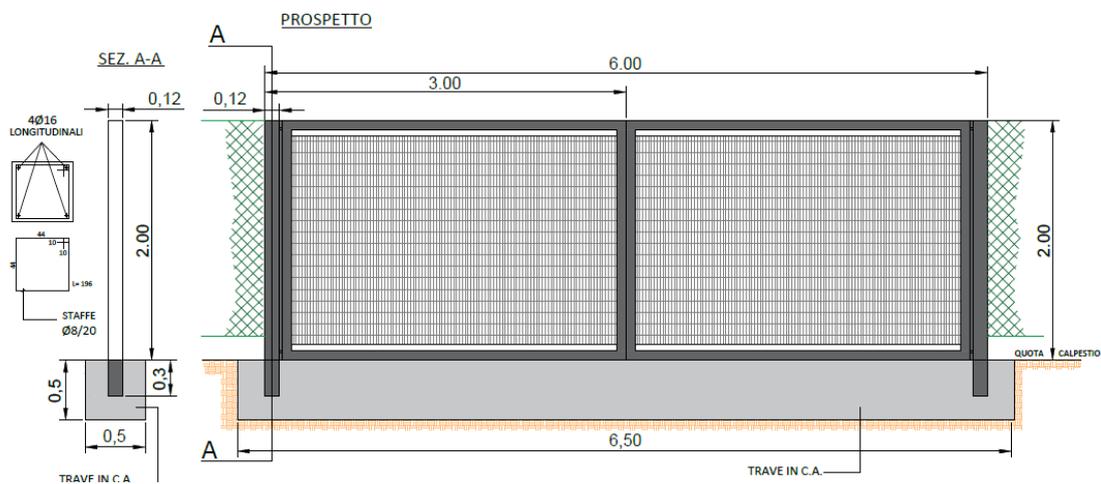


Figura 4 - Particolari cancello

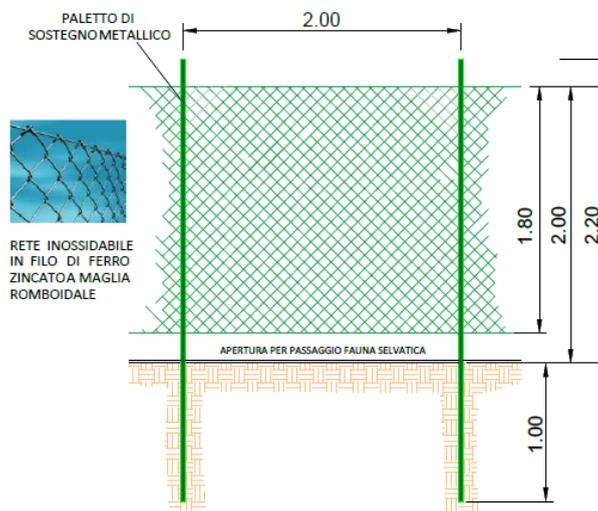


Figura 5 – Particolare recinzione

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 35 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

2.12 Viabilità

Allo scopo di consentire la movimentazione dei mezzi nella fase di esercizio saranno realizzate delle strade di servizio (piste) all’interno dell’area di impianto. La viabilità sarà tipicamente costituita da una strada perimetrale ed alcune trasversali interne di ampiezza pari a circa 3,0 m, saranno realizzate con inerti compattati. Il materiale costituente le strade sarà idoneo alla formazione di rilevato stradale provenienti da cave di prestito.

2.13 Fondazioni

Le platee di fondazione per le due power station e per la cabina di consegna, saranno realizzate mediante getto in opera di calcestruzzo armato rck 250÷300 comprensivo di casseforme, previo magrone di sottofondazione in calcestruzzo rck. 200 e acciaio in barre per armature. Le fondazioni dei trasformatori in conglomerato cementizio saranno di dimensioni 20 x 5.8x 0.5 m.

2.14 Movimenti di terra

I rilievi effettuati sull’area in oggetto, evidenziano che il terreno, dove dovrà sorgere la nuova stazione, è praticamente pianeggiante; per cui non sono da prevedere movimenti di terra, se non di trascurabile entità.

3 OPERE DI CONNESSIONE

3.1 Cavi AT

La rete elettrica a 30kV sarà realizzata con posa completamente interrata assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Per il collegamento delle power station dei campi fotovoltaici si prevede la realizzazione di linee a 30kV a mezzo di collegamenti del tipo "entra-esce", mediante cavi del tipo ARE4H5EE 20,8/36kV con conduttore in alluminio o cavi del tipo RG7H1M1 18/30kV con conduttore in rame.

Il cavidotto di connessione a 30 kV, di lunghezza totale pari a circa 11 km, sarà realizzato per

	<p align="center">“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 36 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

mezzo di un doppio circuito con cavi del tipo RG7H1M1 18/30kV o equivalenti con conduttore in rame.

L’isolamento sarà garantito mediante guaina termo-restringente.

I cavi verranno posati ad una profondità di circa 120 cm, con una placca di protezione in PVC (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza di 50 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno (cfr. sezioni tipo cavidotto).

I cavi AT a 36kV sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare la relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino all’aerogeneratore più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

La portata I_z di un cavo con una determinata sezione e isolante è notevolmente influenzata dalle condizioni di installazione. Nella posa interrata la portata può variare in funzione della profondità di posa, della resistività e della temperatura del terreno. Aumentando la profondità di posa, con temperatura del terreno invariata, la portata di un cavo si riduce.

La portata dipende però anche dalla resistività e dalla temperatura del terreno che aumentano verso la superficie, soprattutto nei periodi estivi, vanificando in tal modo i benefici che si possono ottenere a profondità di posa minori.

La portata di un cavo interrato diminuisce anche in caso di promiscuità con altre condutture elettriche e l’influenza termica tra i cavi aumenta sensibilmente se sono posati in terra piuttosto che in aria.

Per il calcolo della portata ci si riferisce alla tabella CEI UNEL 35027 fasc. 9738 “Cavi di

	<p>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83 MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG)”</p> <p>RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 37 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV. Portata di corrente in regime permanente – Posa in aria ed interrata”. Dalla norma viene fornita la formula per il calcolo della portata effettiva IZ che può essere ricavata, a partire dalla corrente IO, tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento.

$$I_z = I_0 \times k$$

Dove:

- IO = portata per posa interrata per cavi di tipo ARE4H5EE con resistività terreno 1,5 Km/W;
- k = prodotto di opportuni coefficienti di correzione, ovvero:
- Ktt = fattore di correzione per posa interrata e temperature diverse da 20 °C;
- Kd = fattore di correzione per spaziatura tra cavi tripolari pari a 250 mm;
- Kp = fattore di correzione per profondità di posa diversi da 0.8 m (cavi direttamente interrati);
- Kr = fattore di correzione per valori di resistività termica diversa da 1,5 Km/W.

Tanto più elevata è la resistività termica del terreno tanto maggiore diventa la difficoltà del cavo a smaltire il calore attraverso gli strati del terreno. La resistività termica varia a seconda del tipo di terreno e del suo grado di umidità.

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative dei principali cavi AT previsti in progetto:

CIRCUITO			CAVI MT						
			Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3	Circuito 4	Circuito 5	Esterno 1	Esterno 2
TIPO CAVO			ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36kV	RAME RG7H1M1 18/30kV	ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36kV	ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36kV	RAME RG7H1M1 18/30kV	RAME RG7H1M1 18/30kV	RAME RG7H1M1 18/30kV
Tensione trasporto	Vn	KV	30	30	30	30	30	30	30
	Cosfi		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Sinfi	si	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Potenza nominale	Pn	MW	8,60	17,20	8,60	8,60	17,20	21,50	21,50
Corrente di impiego	I _b	A	183,90	367,79	183,90	183,90	367,79	459,74	459,74
sezione cavo	S	mm ²	185	300	185	185	300	400	400
Lunghezza linea	L	m	983	304	510	753	800	619	11 100
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0,164	0,060	0,164	0,164	0,060	0,047	0,047
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,122	0,100	0,122	0,122	0,100	0,099	0,099
Caduta di tensione	ΔV	V	62,9	18,9	32,6	48,2	49,8	42,1	755,3
	ΔV	%	0,21%	0,06%	0,11%	0,16%	0,17%	0,14%	2,52%
PORTATA			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR
Portata nominale	I ₀	A	320	640	320	320	640	725	725
Temperatura terreno	T	°C	25	25	25	25	25	25	25
terne		nr	2	3	3	2	3	2	1
distanza		m	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Profondità di posa		m	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
Resistività termica		K*m/W	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Fattori di correzione									
K1	kt		0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
K2	kd		0,92	0,84	0,84	0,92	0,84	0,92	1,00
K3	kp		0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,95
K4	kr		1	1	1	1	1	1	1
Portata cavo	I _z	A	209	382	191	209	382	474	505

3.2 Cavi BT

I cavi BT in corrente continua a 1500V sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare la relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino all'aerogeneratore più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

Per il calcolo della portata ci si riferisce alla tabella CEI UNEL 35026 fasc. 5777 "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1.000 V in corrente alternata e 1.500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata". Dalla norma viene fornita la formula per il calcolo della portata effettiva I_z che può essere ricavata, a partire dalla corrente I_0 , tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento.

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Dove:

- I_0 =portata per posa interrata per cavi di tipo con resistività terreno 1K m/W;
- K_1 =fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;
- K_2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;
- K_3 =fattore di correzione per profondità di posa;
- K_4 =fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1Km/W.

VERIFICA CAVI BT - CORRENTE CONTINUA

CIRCUITO			Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT	Linea BT
Power station			1		2		3		4		5	
Inverter			Inverter 1	Inverter 2	Inverter 3	Inverter 4	Inverter 5	Inverter 6	Inverter 7	Inverter 8	Inverter 9	Inverter 10
TIPO CAVO			ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO	ALLUMINIO
			TECSUN PV1-F 0,6/1 Kv AC (1,5kV DC)									
Tipo corrente			DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC
Tensione trasporto	Vn	V	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Stringhe	n		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Potenza stringa		kW	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63
Potenza nominale C-box	Pn	kW	298,1	298,1	298,1	298,1	298,1	298,1	298,1	298,1	298,1	298,1
Corrente di impiego	I_b	A	198,72	198,72	198,72	198,72	198,72	198,72	198,72	198,72	198,72	198,72
sezione cavo	S	mm ²	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Lunghezza linea	L	m	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277
Caduta di tensione	ΔV	V	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62
	ΔV	%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%	0,51%
Portata												
Materiale isolamento			EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR
Portata nominale			I ₀	A	330	330	330	330	330	330	330	330
Temperatura terreno			T	°C	40	40	40	40	40	40	40	40
Cavi			numero	nr	6	6	6	6	6	6	6	6
distanza				m	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Profondità di posa				m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Resistività termica				K*m/W	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
K1					0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
K2					0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
K3					1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
K4					0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
I_z				A	213	213	213	213	213	213	213	213
VERIFICA					VERIFICATO							

I cavi saranno posati ad una profondità minima di 1,20 m e circondati da uno strato di sabbia vagliata e protetti da tegoli vi sarà un nastro segnalatore ad un'altezza variabile tra 30/40 cm. I cavidotti seguiranno preferenzialmente percorsi interrati lungo la viabilità esistente. Si riporta la sezione di posa tipo conforme alla norma CEI 11-17:

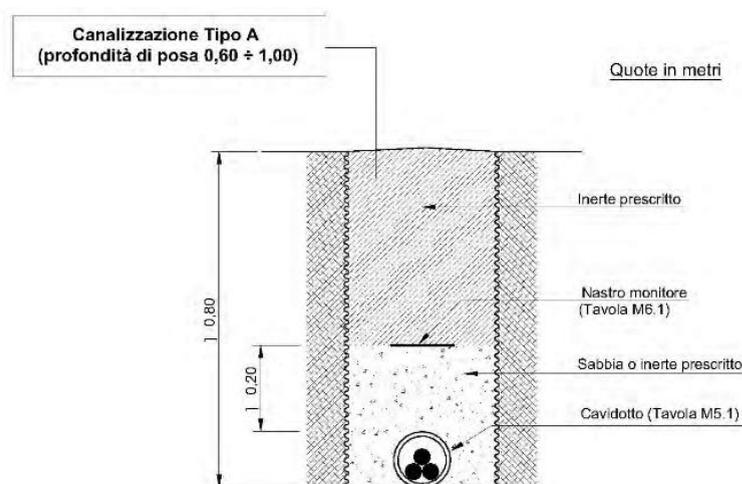


Figura 6 - Sezione di posa cavidotto interno

Nel medesimo scavo sarà posto eventualmente il cavidotto della rete telefonica per la trasmissione dei segnali tra le singole cabine ed il centro di elaborazione e controllo dati, le caratteristiche costruttive saranno simili a quelle dei cavidotti per i cavi MT ad eccezione della profondità che sarà contenuto entro i 60 cm ed il tipo di cavo utilizzato dovrà essere idoneo alla trasmissione dei segnali telefonici.

La sezione tipo di posa dei cavi sarà composta da una base di sabbia in cui verrà annegato il cavo di terra in Cu di almeno 200 mm², i cavi di potenza, il cavo di segnale in fibra ottica posto in tubo PVC corrugato, uno strato di calcestruzzo dello spessore di 10 cm (per gli attraversamenti stradali), un nastro segnalatore e un ultimo strato, a ricoprire lo scavo, di rilevato compattato.

Gli scavi saranno ripristinati con riempimento di terreno granulare per un'altezza di 40 cm dal piano di campagna e successivamente chiuso con terreno vegetale (sarà ripristinato lo stato dei luoghi).

Saranno infine posizionati pozzetti prefabbricati di ispezione in CLS, per la manutenzione della rete elettrica, distanziati tra loro di circa 100 m, in cui collocare le giunzioni dei cavi e i picchetti di terra.

	Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: DICEMBRE 2022 Pag. 42 di 45
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Il percorso del collegamento dell'impianto fotovoltaico alla SE RTN è stato scelto tenendo conto di molteplici fattori, quali:

- contenere per quanto possibile i tracciati dei cavidotti sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico-economica;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse ed isolate, rispettando le distanze prescritte dalla normativa vigente;
- Evitare interferenze con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minor pregio interessando aree prevalentemente agricole e sfruttando la viabilità esistente per quanto possibile.

L'isolamento sarà garantito mediante guaina termo-restringente.

Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio ed il telecontrollo delle turbine sarà di tipo monomodale e verrà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC o in un monotubo in PEAD posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

I cavi verranno posati ad una profondità di circa 150 cm, con una placca di protezione in PVC (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza variabile compresa tra 50 cm ed 1 m (cfr. sezioni tipo cavidotto). La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno (cfr. sezioni tipo cavidotto).

Come accennato, nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- eventuale rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;

	<p>Progetto per l'impianto agrivoltaico denominato "CSPV LEVERANO" della potenza pari a 19.578 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Nardò (LE)</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA:</p> <p align="center">DICEMBRE 2022</p> <p align="center">Pag. 43 di 45</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.

L'asse del cavo posato nella trincea si scosterà dall'asse della stessa solo di qualche centimetro a destra ed a sinistra, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno. Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro applicati ai conduttori non dovranno superare i 60 N/mm² rispetto alla sezione totale. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 3 m.

Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo verrà messo a terra da entrambe le estremità della linea.

In corrispondenza dell'estremità di cavo connesso alla cabina di raccolta, onde evitare il trasferimento di tensioni di contatto pericolose a causa di un guasto sull'alta tensione, la messa a terra dello schermo avverrà solo all'estremità connessa alla stazione di utenza.

La realizzazione delle giunzioni verrà effettuata secondo le seguenti indicazioni:

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

Ad operazione conclusa saranno applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità d'esecuzione.

Su ciascun tronco fra l'ultima turbina e la cabina di raccolta verranno collocati dei giunti di isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico). Essi garantiranno la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi a 36kV.

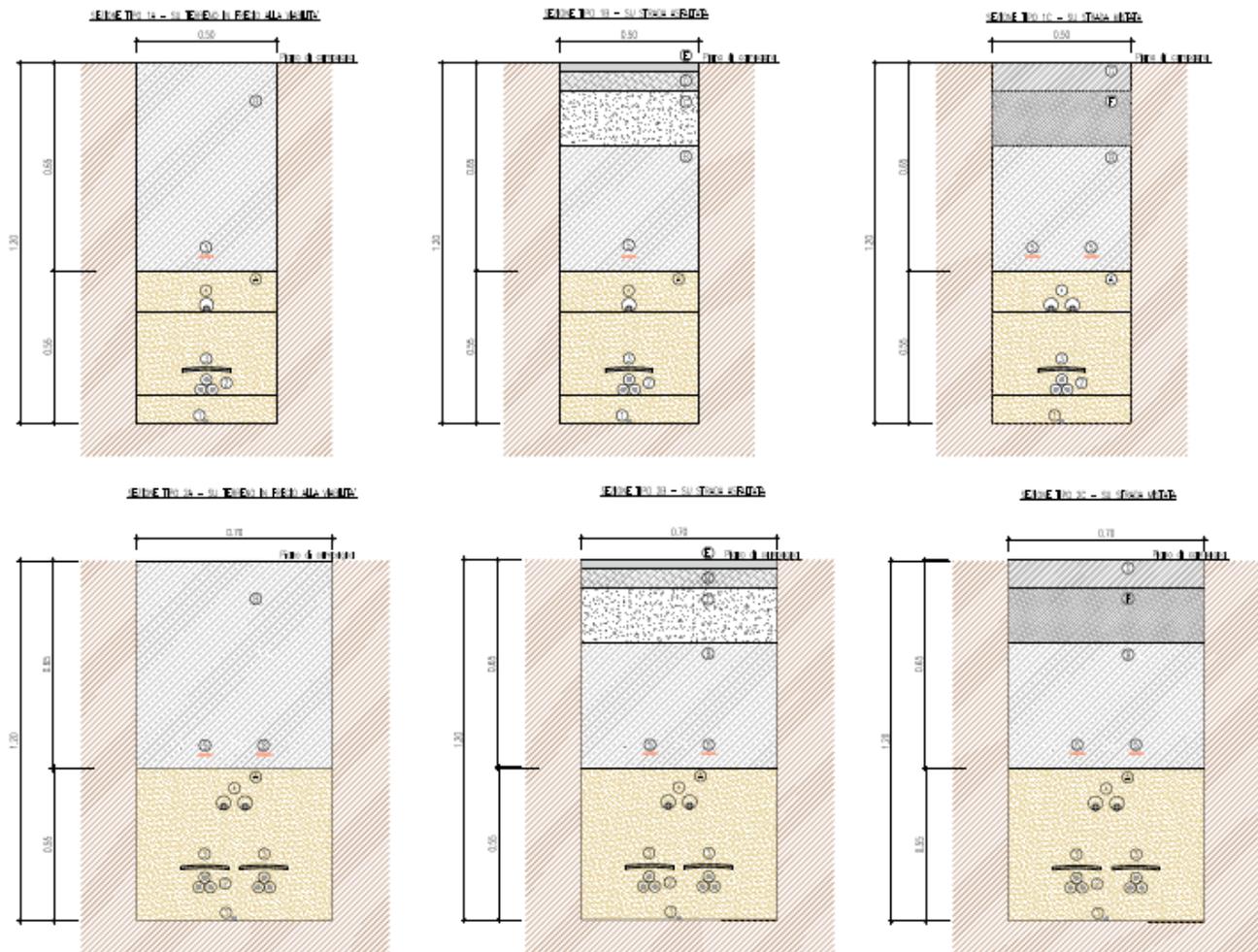
Le terminazioni dei cavi in fibra ottica dovranno essere effettuate nella seguente modalità:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo;
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

Le figure seguenti riportano alcune sezioni tipo del cavidotto:



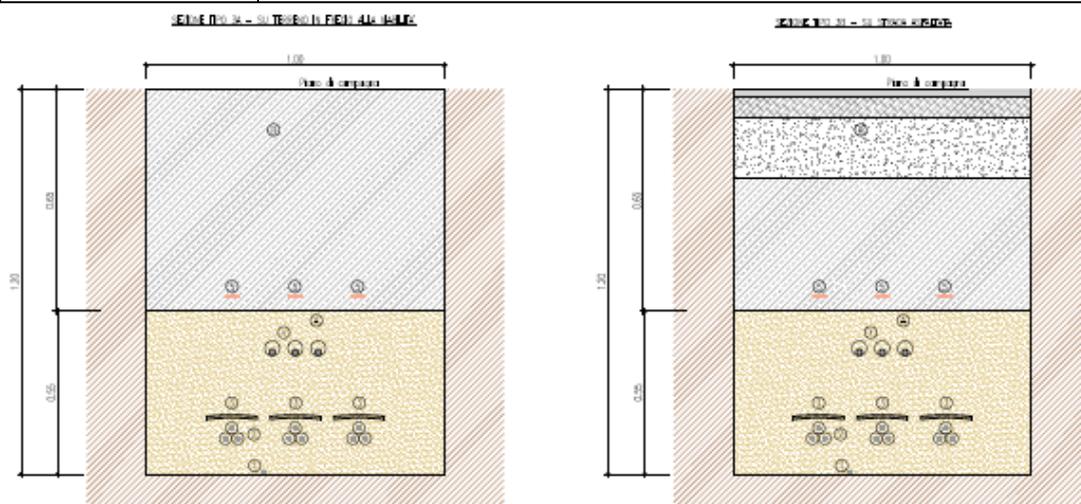


Figura 7: sezioni tipo cavidotti

LEGENDA		
(A) Sabbia ϕ 0-3 mm	(1) Cavo di terra	(G) Stabilizzato ϕ 0-25 mm
(B) Rinterro con terreno proveniente dagli scavi	(2) Cavi MT	
(C) Conglomerato bituminoso - Strato di base	(3) Tegolino di protezione	
(D) Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Bynder)	(4) Fibra ottica in tubazione ϕ 50	
(E) Strato di usura	(5) Nastro monitore	
(F) Pietrisco ϕ 70-120 mm	(6) Cavidotto in PEAD SN 8 ϕ 150	

Figura 8: legenda sezioni cavidotto