



REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI ENNA



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico da 45,0996 MW sito nel Comune di Enna (EN)

Località "Calderari" denominato Enna 1



COMMITTENTE

Enna 1 PV s.r.l.

Via Alessandro Manzoni, 43 - 20121 Milano
p.iva 16644821007

PROGETTAZIONE



HORUS Green Energy Investment
Viale Parioli n. 10
00197 Roma



FDGL s.r.l.
Via Ferriera n. 39
83100 Avellino
www.fdgl.it

Progettista:
Ing. Fabrizio Davide



Collaboratori:
Ing. Mario Lucadamo
Ing. Angelo Mazza

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

DEF.REL.04B - Calcoli preliminari impianti

SCALA

-

DATA

11/2022

FORMATO STAMPA
A4

REDATTO

APPROVATO

DESCRIZIONE E REVISIONE DOCUMENTO

DATA:

REV.N°

COMUNE DI ENNA

Sommario

1 OGGETTO	3
2 RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3 DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA	6
3.1 Descrizione dell'area di intervento	6
3.1.1 Temperatura	6
3.1.2 Fattore di albedo e irradiazione solare	6
3.1.3 Dati di ventosità	9
3.1.4 Sismicità.....	9
3.1.5 Precipitazioni.....	9
3.2 Descrizione generale dell'Impianto Fotovoltaico	9
3.3 Il generatore fotovoltaico.....	10
1.2.1 Sistema di Conversione "Power Station"	15
3.5 Calcoli e verifiche di progetto	16
3.5.1 Verifica tensione al variare della temperatura in c.c.....	16
3.5.2 Portata dei cavi in regime permanente	17
3.5.3 Protezione contro il corto circuito	18
3.6 Trasformatori elevatori.....	18
4 MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE	19
4.1 Protezione dei contatti diretti.....	19
4.2 Protezione dai contatti indiretti	19
4.3 Protezione combinata dai contatti diretti ed indiretti.....	19
4.4 Protezione dalle Sovracorrenti	20
5 CANALIZZAZIONI E CAVI	20
5.1 Canalizzazioni.....	20
5.2 Cavi Elettrici.....	20
6 SISTEMA DI MONITORAGGIO	21
7 SEQUENZA DELLE OPERAZIONI.....	21
8 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 36/150 kV	22
8.1 Apparecchiature AT, macchinario e componenti di stazione	24
8.2 Movimento terra	27
8.3 Recinzione	28

8.4 Accesso alle aree.....	28
8.5 Sistemazione e pavimentazione delle aree.....	29
8.6 Rete di terra	29
8.7 Edificio di consegna	30
8.8 Illuminazione aree e locali.....	30
8.9 Apparecchiature di misura	31
8.10 Assetto delle protezioni AT	31
8.11 Protezione lato consegna	32
8.12 Protezione di interfaccia.....	32
8.13 Protezione del trasformatore 36/150.....	32
9 OPERE CIVILI	33
9.1 Strade di servizio e accesso	33
9.2 Livellamento.....	33
9.3 Scavi	33
9.4 Recinzione e cancelli d'accesso	34
9.5 Cabina	34
10 PROVE E CONTROLLI SUI COMPONENTI E SULLE LAVORAZIONI.....	36
10.1 Collaudo componenti e soggetti collaudatori	36
10.2 Prove di accettazione e messa in servizio	36
11 MANUTENZIONE	37
11.1 Manutenzione ordinaria	37
11.2 Manutenzione straordinaria	37
11.3 Piano di manutenzione	38
11.4 Moduli fotovoltaici	38
11.5 Stringhe Fotovoltaiche	38
11.6 Quadri Elettrici	39
11.7 Convertitore	39
11.8 Collegamenti elettrici.....	39

1 OGGETTO

Lo scopo del presente documento è quello di fornire le indicazioni tecniche per la costruzione dell'impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso conversione fotovoltaica, di potenza di picco pari a 45.099,6 kWp, da realizzare nel Comune Enna (En), in località " Calderari".

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente documento sarà del tipo *grid connected* e l'intera energia elettrica prodotta sarà destinata all'immissione in rete attraverso una apposita stazione di trasformazione alla rete elettrica nazionale RTN di Terna S.p.A..

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'impianto Fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà realizzato in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali si segnalano le seguenti principali:

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 11-20	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi a continuità collegati a reti di I e II categoria
CEI EN 60904-1	Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente
CEI EN 60904-2	Dispositivi fotovoltaici -Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento
CEI EN 60904-3	Dispositivi fotovoltaici -Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
CEI EN 61727	Sistemi fotovoltaici (FV) -Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete
CEI EN 61125	Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo
CEI EN 60555-1	Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni

CEI EN 61000-3-2	Compatibilità elettromagnetica (EMC) -Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);
CEI EN 60439-1-2-3	Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione
CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (codice IP)
CEI EN 60445	Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Individuazione dei morsetti e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico
CEI 20-19	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
CEI 20-20	Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V
CEI 81-1	Protezione delle strutture contro i fulmini
CEI 81-3	Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato
CEI 81-4	Valutazione del rischio dovuto al fulmine
CEI 0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
CEI 0-3	Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990
CEI 13-4	Sistemi di misura dell'energia elettrica – Composizione, precisione e verifica
CEI EN 61724	Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
CEI 0-16	Regola tecnico di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle Imprese distributrici di energia elettrica
Legge 123/2007	Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega del Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia

D.Lvo 81/2008	Attuazione dell'art.1 della legge 3 agosto 2007 n° 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
DM 37/2008	Regolamento concernente l'attuazione dell'art.11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n° 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
D.lgs 163/2006	Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE
CEI EN 60099-1-2	Scaricatori
CEI EN 61215	Moduli fotovoltaici in silicio cristallini per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto ed omologazione del tipo
CEI EN 61646	Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri. Qualifica del progetto ed approvazione di tipo
CEI EN 50380	Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
CEI EN 62305-1-2-3-4	Protezione contro i fulmini
CEI EN 82-25	Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione
CEI EN 62093	Componenti di sistemi fotovoltaici – moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali
CEI UNEL 35024-1	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI UNEL 35364	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
UNI 10349	Riscaldamento e Raffrescamento degli edifici. Dati climatici
CEI EN 62053-21	Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari parte 21: Contatori statici di energia attiva
CEI EN 62053-23	Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari parte 24: Contatori statici di energia reattiva

3 DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA

3.1 Descrizione dell'area di intervento

L'area oggetto dell'intervento è un terreno agricolo sito nell'agro di Enna di circa 68 ha. L'area è prevalentemente pianeggiante o con lievi pendenze e priva di elementi di disturbo alla realizzazione dell'impianto.

3.1.1 Temperatura

Temperatura media minima annua: **10,2°**

Temperatura media massima annua: **17,2°**

Temperatura media del giorno più caldo: **28,3°**

3.1.2 Fattore di albedo e irradiazione solare

Il valore medio del fattore di albedo è stato calcolato facendo riferimento alla seguente tabella

Mese	Descrizione	Valore
Gennaio	Erba verde	0,26
Febbraio	Erba verde	0,26
Marzo	Erba verde	0,26
Aprile	Erba verde	0,26
Maggio	Erba verde	0,26
Giugno	Erba verde	0,26
Luglio	Erba verde	0,26
Agosto	Erba verde	0,26
Settembre	Erba verde	0,26
Ottobre	Erba verde	0,26
Novembre	Erba verde	0,26
Dicembre	Erba verde	0,26

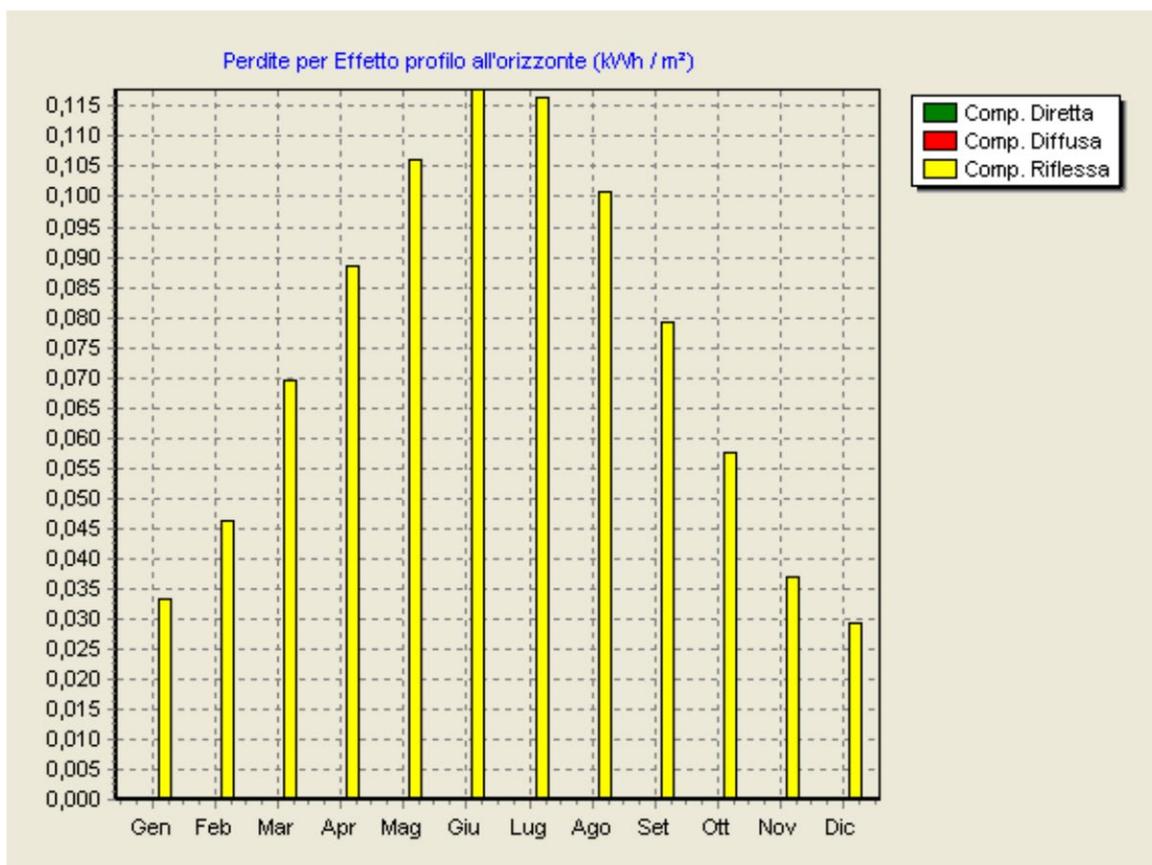
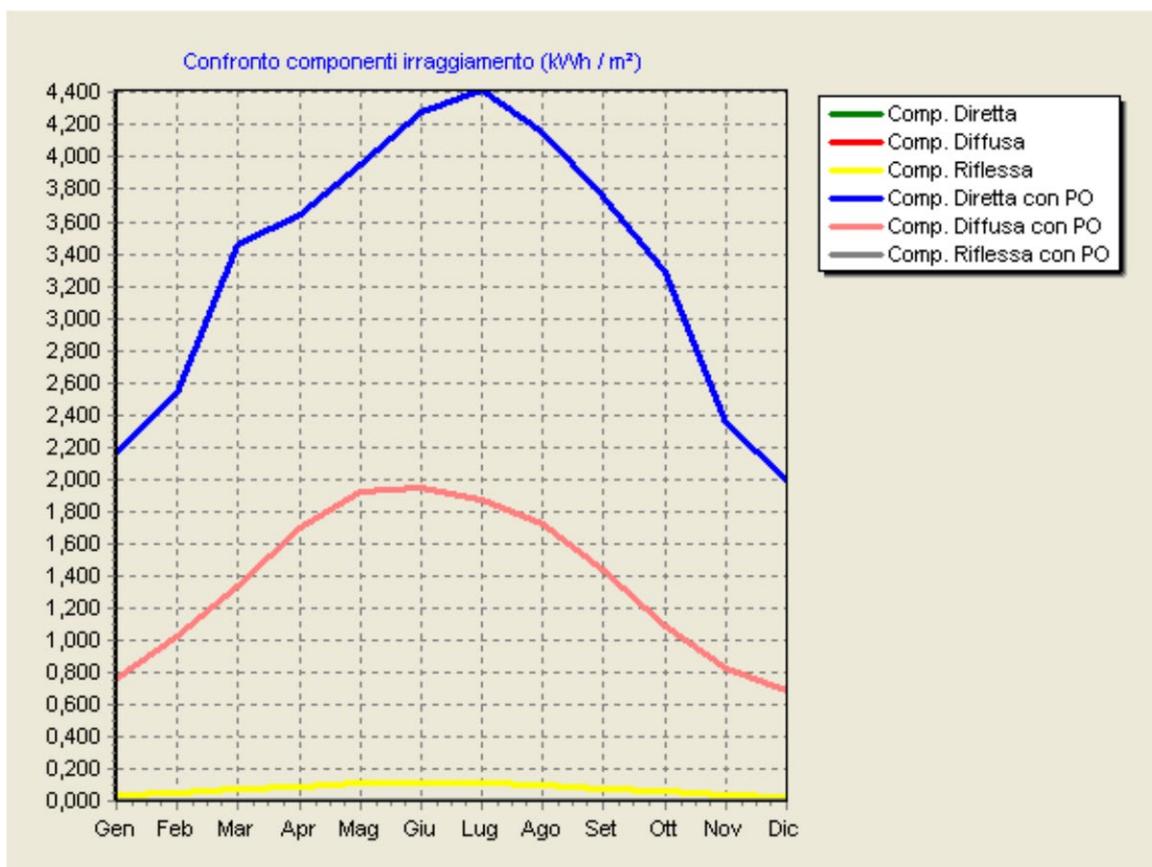
La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata prendendo come riferimento i dati relativi alla norma UNI 10349 e i dati ENEA, di seguito riportati.

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico sito nel Comune di Enna (En) in loc. "Calderari" e relative opere di connessione - denominato Enna 1

PROGETTO DEFINITIVO – Calcoli preliminari impianti

Dati Norma ENEA

Mese	Albedo	KWh / mq / gg (PO)	KWh / mq / mese (PO)	KWh / mq / gg (PI)	KWh / mq / mese (PI)	KWh / mq / gg (PI) con prof.orizz.	KWh / mq / mese (PI) con prof.orizz.	Energia prodotta mensile (KWh)
Gennaio	0,26	1,920	59,520	2,926	90,706	2,926	90,706	313672,342
Febbraio	0,26	2,670	74,760	3,559	99,652	3,559	99,652	344608,694
Marzo	0,26	4,030	124,930	4,793	148,583	4,793	148,583	513818,023
Aprile	0,26	5,110	153,300	5,345	160,350	5,345	160,350	554509,735
Maggio	0,26	6,110	189,410	5,868	181,908	5,868	181,908	629059,912
Giugno	0,26	6,750	202,500	6,232	186,960	6,232	186,960	646530,341
Luglio	0,26	6,690	207,390	6,285	194,835	6,285	194,835	673763,045
Agosto	0,26	5,810	180,110	5,873	182,063	5,873	182,063	629595,921
Settembre	0,26	4,580	137,400	5,188	155,640	5,188	155,640	538221,984
Ottobre	0,26	3,330	103,230	4,366	135,346	4,366	135,346	468042,873
Novembre	0,26	2,140	64,200	3,173	95,190	3,173	95,190	329178,558
Dicembre	0,26	1,690	52,390	2,689	83,359	2,689	83,359	288265,526
Irragg. giorno	-	4,236	-	4,691	-	4,691	-	-
Irragg. mese	-	-	129,095	-	142,883	-	142,883	-
Irragg. anno	-	1549,140	-	1714,592	-	1714,592	-	-
Energia prodotta	-	-	-	-	-	-	-	5929266,954



3.1.3 Dati di ventosità

Direzione prevalente: **N/O**

Media annuale: **5.1 m/s**

3.1.4 Sismicità

Classe di sismicità ai sensi del OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003: **zona 2 (Zona con pericolosità sismica alta):** $0.15 < A_g < 0,25g$.

3.1.5 Precipitazioni

Carico di neve: 0.60 kN/m²

Precipitazioni medie annue: 556 mm

3.2 Descrizione generale dell’Impianto Fotovoltaico

L’impianto fotovoltaico oggetto del presente documento è destinato a produrre energia elettrica; esso sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione di media tensione in corrente alternata. L’impianto viene connesso elettricamente a valle del punto di consegna fiscale dell’energia in AT (Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV da inserire in entra-esce sulla linea sulla linea RTN a 150 kV “Nicoletti – Valguarnera”).

L’impianto in oggetto sarà formato da **n. 64.428** pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino **Jolywood** modello **JW-HD132N da 700 Wp**, collegati tra loro in configurazione serie/parallelo secondo quanto stabilito in sede progettuale (cfr. Schema unifilare impianto). La potenza nominale totale dell’impianto sarà pari a 45,0996 MWp.

I pannelli saranno posizionati su apposite strutture di sostegno fissate a terra tramite pali dotate di inseguitori monoassiali est-ovest.

La disposizione planimetrica dell’impianto prevede inoltre che i pannelli siano montati in uno schema 2x14 unità lungo il lato lungo, in schiere parallele con un passo tra due interassi di schiere successive pari a 10,00 m (cfr. - Layout impianto con sottocampi).

La superficie attiva di ogni pannello è pari a circa 3,106 m² (2,384 m x 1,303 m), per cui la superficie attiva totale dell’intero impianto sarà pari a 200.113,36 m².

La conversione c.c./c.a. avverrà per mezzo di n. 40 inverter di potenza nominale pari a 1100kW.

Ogni linea di potenza in BT in uscita dall’inverter si attesterà su 40 trasformatori, suddivisi in base al numero di inverter che formano il sottocampo, i quali provvederanno alla trasformazione di tensione con rapporto di trasformazione 36/0,4 kV.

I sistemi di conversione statica saranno alloggiati in apposite cabine inverter e verranno collegate in c.a. al sistema di trasformazione che sarà posizionato all'interno della stessa cabina di campo.

L'uscita delle cabine di trasformazione sarà infine collegata, attraverso un breve tratto di cavidotto interrato in 36kV, alla cabina di media tensione per il sezionamento posta in prossimità della recinzione dell'area di pertinenza del campo fotovoltaico, sempre in area disponibile al Soggetto Proponente. Da questa poi partiranno i cavi interrati, che porteranno l'energia alla Stazione di trasformazione 36/150 KV della RTN.

3.3 Il generatore fotovoltaico

Il generatore fotovoltaico, inteso come l'insieme dei moduli fotovoltaici e degli inverter, sarà composto **n. 64.428** pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino **Jolywood** modello **JW-HD132N bifacial** da 700 Wp.

Il modulo fotovoltaico prescelto è di tipo *monocristallino*, composto da 132 celle.

Le dimensioni di ingombro del singolo modulo sono 2384 x 1303 x 35 [mm], con un peso di circa 38 Kg.

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in 14 sottocampi così configurati:

SOTTOCAMPO 1

- Numero di Stringhe: 61 da 28 moduli in serie su inverter n.34, n.35, n.36, n.37;
- Numero di inverter: 4 SUNGROW SG1100UD da 1100 kVA in uscita;

SOTTOCAMPO 2

- Numero di Stringhe: 75 da 28 moduli in serie su inverter n.32;
- Numero di Stringhe: 76 da 28 moduli in serie su inverter n.33;
- Numero di inverter: 2 SUNGROW SG1100UD da 1100 kVA in uscita;

SOTTOCAMPO 3

- Numero di Stringhe: 54 da 28 moduli in serie su inverter n.29, n.30;
- Numero di Stringhe: 55 da 28 moduli in serie su inverter n.31;
- Numero di inverter: 3 SUNGROW SG1100UD da 1100 kVA in uscita;

SOTTOCAMPO 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

- Numero di Stringhe: 55 da 28 moduli in serie su inverter n.1....n.26;
- Numero di Stringhe: 64 da 28 moduli in serie su inverter n.27, n.28;
- Numero di inverter: 28 SUNGROW SG1100UD da 1100 kVA in uscita;

SOTTOCAMPO 11, 12, 13, 14

- Numero di Stringhe: 61 da 28 moduli in serie su inverter n.38, n.39;
- Numero di Stringhe: 63 da 28 moduli in serie su inverter n.40;
- Numero di inverter: 28 SUNGROW SG1100UD da 1100 kVA in uscita;

SISTEMA DI ACCUMULO

- Numero Power Station: 24 batterie da 2,75MWh su 3 sistemi di conversione Sungrow SC5000HV-MV di potenza P=5000kVA a 50°C e 5500 kVA a 45°C.

Caratteristiche del modulo fotovoltaico 700Wp:

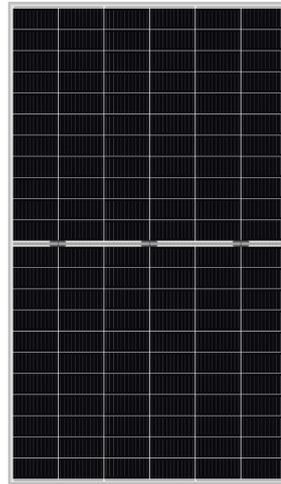
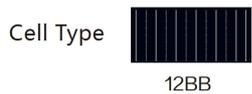


NTOPCon Technology

JW-HD132N

N-type
Bifacial Double Glass Mono Module

675-700W



700W

Maximum Power Output

22.53%

Maximum Module Efficiency

0~+5W

Power Output Tolerance

Electrical Properties | STC*

Testing Condition	Front Side					
Peak Power (Pmax) (W)	675	680	685	690	695	700
MPP Voltage (Vmp) (V)	38.6	38.8	39.0	39.2	39.4	39.5
MPP Current (Imp) (A)	17.50	17.54	17.58	17.62	17.66	17.73
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	46.2	46.4	46.6	46.8	47.0	47.1
Short Circuit Current (Isc) (A)	18.57	18.62	18.67	18.72	18.76	18.82
Module Efficiency (%)	21.73	21.89	22.05	22.21	22.37	22.53

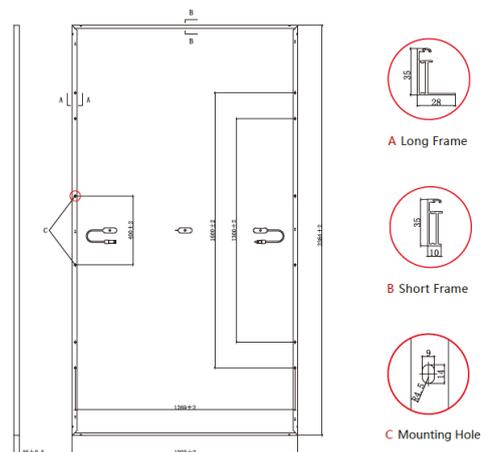
*STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, AM1.5
The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing
Power Measurement Tolerance ±3%

Electrical Properties | NOCT*

Testing Condition	Front Side					
Peak Power (Pmax) (W)	511	514	518	522	526	530
MPP Voltage (Vmp) (V)	36.2	36.4	36.6	36.7	36.9	37.0
MPP Current (Imp) (A)	14.11	14.14	14.17	14.21	14.24	14.29
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	44.2	44.3	44.5	44.7	44.9	45.0
Short Circuit Current (Isc) (A)	14.97	15.01	15.05	15.09	15.13	15.17

*NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

Engineering Drawing (unit: mm)



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico sito nel Comune di Enna (En) in loc. "Calderari" e relative opere di connessione - denominato Enna 1

PROGETTO DEFINITIVO – Calcoli preliminari impianti

Operating Properties

Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage (V)	1500V (IEC)
Maximum Series Fuse Rating (A)	30
Power Tolerance	0~+5W
Bifaciality*	75%
*Bifaciality=Pmaxrear (STC) /Pmaxfront (STC) , Bifaciality tolerance:±5%	

Temperature Coefficient

Temperature Coefficient of Pmax*	-0.320%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.260%/°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.046%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	42±2°C
*Temperature Coefficient of Pmax±0.03%/°C	

Mechanical Properties

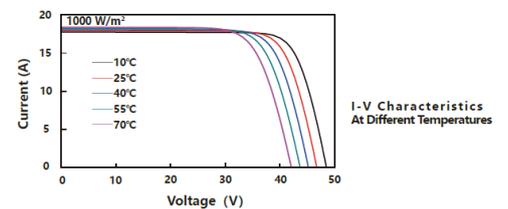
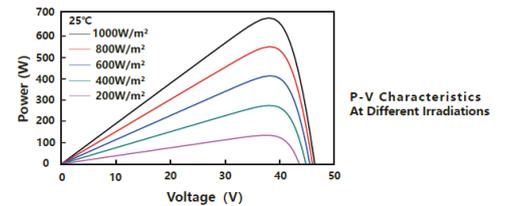
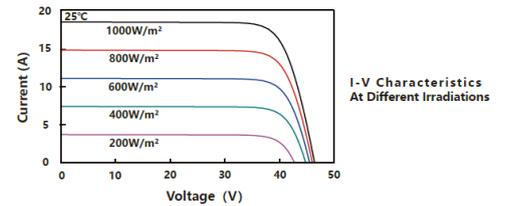
Cell Type	210.00mm*105.00mm
Number of Cells	132pcs(12*11)
Dimension	2384mm*1303mm*35mm
Weight	38kg
Front / Rear Glass*	2.0mm/2.0mm
Frame	Anodized Aluminium
Junction Box	IP68 (3 diodes)
Length of Cable*	4.0mm ² , +300mm/-180mm
Connector	MC4 Compatible

*Heat strengthened glass
*Cable length can be customized

With Different Power Generation Gain (regarding 680W as an example)

Power Gain (%)	Peak Power (Pmax) (W)	MPP Voltage (Vmp) (V)	MPP Current (Imp) (A)	Open Circuit Voltage (Voc) (V)	Short Circuit Current (Isc) (A)
10	734	38.8	18.93	46.4	20.09
15	762	38.8	19.62	46.4	20.83
20	789	38.8	20.31	46.4	21.56
25	816	38.8	21.00	46.4	22.30
30	843	38.9	21.70	46.5	23.03

Characteristic Curves | HD132N-680



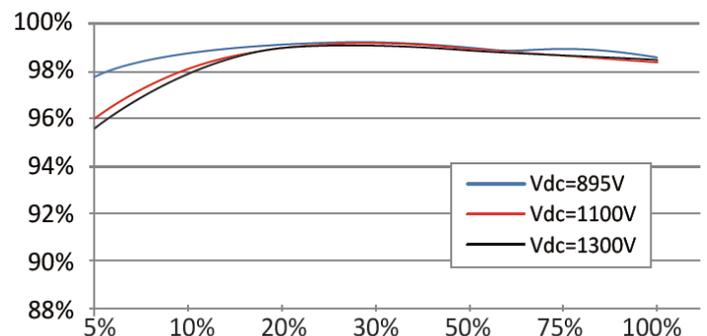
Packaging Configuration

Packing Type	40'HQ
Piece/Pallet	31
Pallet/Container	18
Piece/Container	558

*The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to ongoing innovation, R&D enhancement, Jolywood (Taizhou) Solar Technology Co., Ltd. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caratteristiche degli inverter:

I moduli saranno collegati secondo uno schema di base serie/parallelo a 40 inverter centralizzati SUNGROW SG1100UD da 1100 kVA (o di altri costruttori con caratteristiche similari).



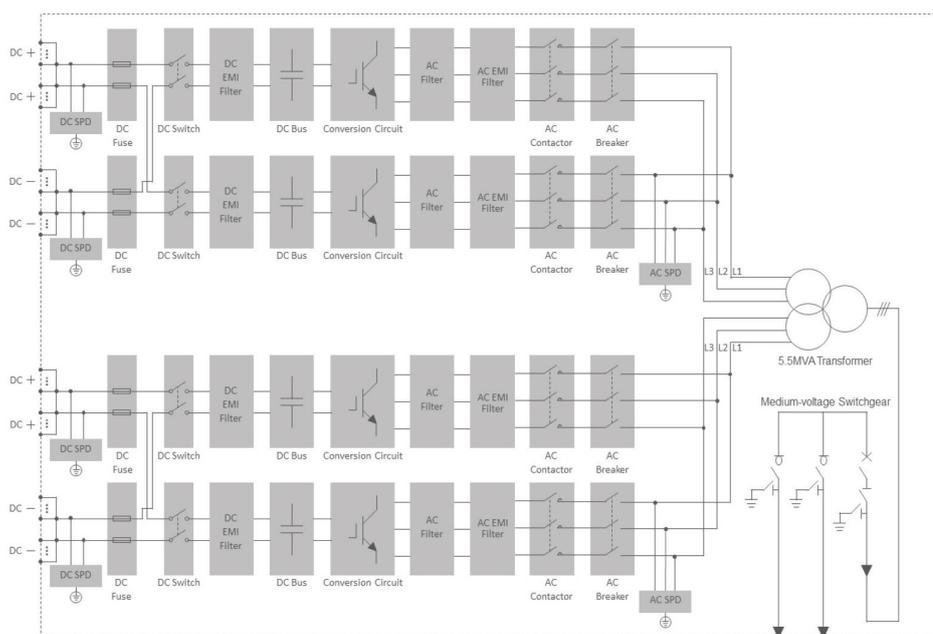
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico sito nel Comune di Enna (En) in loc. "Calderari" e relative opere di connessione - denominato Enna 1

PROGETTO DEFINITIVO – Calcoli preliminari impianti

Numero Modello	SG1100UD
Ingresso Dati (CC)	
Max. CC Tensione	1500 V
Min. CC Tensione per iniziare Alimentazione	905 V
Max. CC Corrente	1435 A
Campo di Tensione MPP(T)	895~1500 V
Numero di MPPT trackers	1
Ingresso CC	5
Uscita Dati (CA)	
Max. AC Potenza	1265 kW
Potenza Nominale CA	1100 kW
Campo di Tensione Uscita CA	536~693 V
Tensione Nominale CA	630 V
Max. AC Corrente	1160 A
Campo Frequenza	45-55 Hz
Frequenza	50 Hz
Fattore di potenza (cosφ)	0,99
Distorsione armonica (THD)	< 3 %
Numero di fasi di alimentazione	3
Efficienza massima	99,02 %
Informazioni Generali	
Dimensioni (A/L/P)	2140x700x1690 mm
Peso	800 kg

1.2.1 Sistema di Conversione "Power Station"

SC5000HV-MV
Power Conversion System



3.5 Calcoli e verifiche di progetto

3.5.1 Verifica tensione al variare della temperatura in c.c.

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

$$V_{m \min} > V_{inv \text{ MPPT } \min}$$

$$V_{m \max} < V_{inv \text{ MPPT } \max}$$

$$V_{OC \max} < V_{inv \max}$$

dove:

- **V_m** = tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche;
- **V_{inv MPPT_{min}}** = tensione minima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza;
- **V_{inv MPPT_{max}}** = tensione massima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza;
- **V_{oc}** = tensione a vuoto delle stringhe fotovoltaiche;
- **V_{inv_{max}}** = tensione massima in corrente continua ammissibile ai morsetti dell'inverter.

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni cella in dipendenza della temperatura pari a $-0.26 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ per T diverso da 25°C i limiti di temperatura di cella estremi pari a 0°C (dati di progetto) e $+80^{\circ}\text{C}$, V_m e V_{oc} assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C).

Assumendo che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze, nei vari casi, sono riportate in Tabella. In tutti i casi le condizioni di verifica risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e il tipo di inverter adottato.

Tabella – Verifica dei limiti di tensione agli inverter

Generatore fotovoltaico	Inverter	Condizione	Verifica
$V_{m \min} (+80^{\circ}\text{C}) = 917,3 \text{ V}$	$V_{inv \text{ MPPT } \min} = 895 \text{ V}$	$V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT } \min}$	SI
$V_{m \max} (0^{\circ}\text{C}) = 1191,7 \text{ V}$	$V_{inv \text{ MPPT } \max} = 1500 \text{ V}$	$V_{m \max} < V_{inv \text{ MPPT } \max}$	SI
$V_{oc} (0^{\circ}\text{C}) = 1404,5 \text{ V}$	$V_{inv \max} = 1500 \text{ V}$	$V_{oc \max} < V_{inv \max}$	SI

3.5.2 Portata dei cavi in regime permanente

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti previsti sono tali da assicurare una durata di vita adeguata alla stima della vita utile dell'impianto dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico è stata eseguita utilizzando la relazione:

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

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 (I_{mp}), 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.

3.5.3 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 dell'inverter.

L'interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione interno.

3.6 Trasformatori elevatori

Il generatore fotovoltaico si attesta su 40 trasformatori, suddivisi in base al numero di inverter che formano il sottocampo, i quali provvederanno alla trasformazione della tensione con rapporto di trasformazione 36/0,4 kV.

All'interno delle cabine di trasformazione troveranno inoltre posto i quadri BT, il quadro di parallelo inverter e i quadri 36 kV. In ogni cabina MT viene inoltre previsto un trasformatore 36/0,4 kV triangolo/stella di potenza pari a 50kVA per le alimentazioni degli ausiliari di cabina; questi circuiti non rappresentano un carico di potenza rilevante.

Le linee di potenza in uscita dalla cabina di inverter saranno collegate secondo la modalità entra-esci e chiuse ad anello nella rispettiva cabina MT come riportato nello schema elettrico unifilare dell'impianto; sono presenti 3 cabine di sezionamento denominate "Cabine MT" (una per gruppo) e nell'ultima cabina è presente l'uscita a 36 kV che, attraverso un apposito elettrodotto interrato, trasporta l'energia elettrica prodotta dall'impianto alla stazione di trasformazione 36/150 kV, situata in prossimità della SSE Terna.

4 MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE

Tutti gli impianti descritti nella presente relazione sono progettati e saranno realizzati al fine di assicurare:

- La protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nelle condizioni che possono essere ragionevolmente previste;
- Il loro corretto funzionamento per l'uso previsto.

Saranno quindi adottate le seguenti misure di protezione.

4.1 Protezione dei contatti diretti

Protezione totale contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione, realizzata in conformità al cap. 412 della Norma CEI 64-8 mediante:

- Isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio.
- Involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione).

A tal fine saranno impiegati cavi a doppio isolamento (o cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante) e le connessioni verranno racchiuse entro apposite cassette con coperchio apribile mediante attrezzo.

4.2 Protezione dai contatti indiretti

Protezione contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, realizzata sul lato a 400 VAC dell'impianto mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione secondo il paragrafo 413.1 della norma CEI 64.8, collegando all'impianto generale di terra tutte le masse presenti negli ambienti considerati ed impiegando interruttori automatici, il tutto coordinato in modo da soddisfare la condizione di cui all'art. 413.1.3.3 della norma CEI stessa.

4.3 Protezione combinata dai contatti diretti ed indiretti

Per quanto riguarda tutti i circuiti di comando e segnalazione che collegano fra loro i vari quadri elettrici dell'impianto, verrà adottata una protezione combinata contro i pericoli risultanti dal contatto con parti in tensione o con parti conduttrici che possono andare in

tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, da realizzare mediante sistema a bassissima tensione di sicurezza (SELV) secondo quanto indicato nel paragrafo 411.1 delle Norme CEI 64-8.

4.4 Protezione dalle Sovracorrenti

Protezione contro il riscaldamento anomalo degli isolanti dei cavi e contro gli sforzi elettromeccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni causati da correnti di sovraccarico o di cortocircuito, realizzata mediante dispositivi unici di interruzione (interruttori magnetotermici o fusibili) installati all'origine di ciascuna condotta ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, secondo quanto prescritto nel Cap. 43 e nella sez. 473 della Norma CEI 64-8 facendo riferimento alle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei cavi in regime permanente.

5 CANALIZZAZIONI E CAVI

5.1 Canalizzazioni

La posa dei cavi elettrici costituenti gli impianti in oggetto è stata prevista in canalizzazioni distinte o comunque dotate di setti separatori interni per quanto riguarda le seguenti tipologie di circuiti:

- Energia elettrica prodotta;
- Trasmissione dati.

Non sono previste giunzioni all'interno delle canalizzazioni. La tubazione impiegata per realizzare la sezione di impianto elettrico interrato sarà del tipo flessibile corrugato a doppia parete in polietilene alta densità, o tubo rigido in PVC serie pesante, conforme alle norme EN50086 per posa interrata 450N, protetto mediante coppella e nastro segnalatore. Il diametro interno dei tubi sarà maggiore o al limite uguale a 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti. I cavi avranno la possibilità di essere infilati e sfilati dalle tubazioni con facilità.

5.2 Cavi Elettrici

La scelta delle sezioni dei cavi sarà effettuata in fase esecutiva in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme

per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8.

La portata delle condutture sarà commisurata alla potenza totale che si prevede di installare.

Il progetto prevede l'utilizzo di cavo RG16H1R12 da 3x(1x95) mmq per il collegamento delle cabine di sottocampo e cavo in RG16H1R12 da 3x(12x300) mmq per il collegamento dell'impianto alla sottostazione di trasformazione 36/150 dell'RTN. La linea di collegamento interrata realizzata con cavo da 300 mmq determina una caduta di tensione inferiore all'1%.

6 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio prevede la possibilità di evidenziare le grandezze di interesse del funzionamento dell'impianto attraverso opportuno software di interfaccia su di un PC collegato al sistema di acquisizione dati via RS485 e attraverso modem anche da remoto.

L'hardware del sistema sarà composto da:

- acquisitore dati (data logger dotato anche di ingressi per le grandezze meteo);
- interfaccia RS 485;
- sensore di temperatura ambiente;
- sensore di irraggiamento;
- sensore di vento (velocità e direzione);
- linea RS 485

La memorizzazione è relativa ai dati presentati più temperatura ambiente, tensione e corrente dal generatore fotovoltaico con campionamento a 15 minuti.

Il software di visualizzazione e controllo del sistema di conversione e dei dispositivi ad esso collegati (sensori), dovrà permettere una gestione ottimizzata dell'impianto in aggiunta alla memorizzazione dei dati caratteristici. I dati memorizzati potranno essere esportati in MS excel senza necessità di rielaborazione da parte dell'operatore, per una successiva analisi.

7 SEQUENZA DELLE OPERAZIONI

In via preliminare la sequenza delle operazioni sarà la seguente:

- Realizzazione scavi e posa delle tubazioni, dei cavi e dei pozzetti;

- Posa delle strutture di sostegno dei pannelli solari;
- Montaggio e cablaggio moduli e dell'inverter;
- Installazione dei quadri di campo e delle cabine elettriche;
- Collaudi di tutto l'impianto, verifica della rispondenza ai requisiti tecnici e controllo della corretta funzionalità delle protezioni.

8 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 36/150 kV

Le opere in progetto prevedono la realizzazione, ad opera del Gestore della RTN, di una Stazione di trasformazione e smistamento 36/150 kV in prossimità della linea RTN a 150 kV "Nicoletti – Valguarnera" e un raccordo in *entra-esci* con la suddetta linea.;

Tale ubicazione è stata individuata come la più idonea tenendo conto delle esigenze tecniche e dell'opportunità ambientale di minimizzare la lunghezza dei collegamenti.

Lo stallo di trasformazione presenta al suo interno un trasformatore elevatore fino a 150kV afferente ad un sistema a singola sbarra e uno stallo linea di raccordo a 150kV per il collegamento alla linea RTN.

La disposizione elettromeccanica dello stallo di trasformazione prevede:

Stallo trasformatore 36/150

1. Trasformatore di potenza 36/150kV
2. Scaricatore di sovratensione (protezione trasformatore)
3. Trasformatore amperometrico (misura, protezione, controllo)
4. Trasformatore di tensione capacitivo (misura, protezione, controllo)
5. Interruttore da 170 kV in Sf6
6. Sezionatore orizzontale 170kV senza lame di terra lato sbarre

Il sistema di sbarre a 150kV prevede alle estremità l'installazione di trasformatori di tensione capacitivi per la misura, protezione e controllo sbarre.

L'altezza massima delle sbarre di smistamento a 150 kV sarà di 7,5 m.

Per il collegamento alla stazione RTN viene realizzato uno stallo arrivo linea situato nell'area TERNA. La disposizione elettromeccanica dello stallo arrivo linea prevede:

Stallo arrivo linea

1. Trasformatore di tensione capacitivo (misura, protezione, controllo)
2. Sezionatore orizzontale 170kV senza lame di terra lato sbarre
3. Trasformatore amperometrico (misura, protezione, controllo)

4. Interruttore da 170 kV in Sf6

L'impianto viene realizzato secondo i disciplinari tecnici dell'ente Gestore della RTN, in particolare si farà riferimento a :

- Specifica tecnica "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN" di TERNA s.p.a.;
- Guida tecnica "Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120kV" N° DRRPX04042;
- Guida tecnica "[2] Guida agli schemi di connessione" N° NSIX.1000 REV00;
- Norma CEI 99-2;
- Norma CEI 17-11.

Vengono di seguito elencati alcuni criteri generali circa la disposizione elettromeccanica dell'impianto, in aggiunta a quanto previsto dalla Norma CEI99-2 e CEI 99-3.

Gli interruttori e le altre apparecchiature AT (sezionatori, trasformatori di misura, ecc.) saranno disposti dallo stesso lato del rispettivo arrivo linea e/o di installazione del trasformatore elevatore.

L'impianto sarà dotato di strade interne, opportunamente delimitate al fine di evitare il transito e/o la sosta di mezzi di trasporto nelle immediate vicinanze delle parti in tensione. Le strade saranno a loro volta opportunamente distanziate dalle parti in tensione, al fine di rispettare le distanze di vincolo (dv) e di guardia (dg), di cui alla Norma CEI 99-2. La viabilità interna sarà comunque realizzata al fine di consentire tutte le normali operazioni di esercizio e manutenzione dell'impianto.

Per l'ingresso negli impianti saranno previsti un cancello carrabile di tipo scorrevole ed un cancello pedonale.

Per quanto possibile, a meno di vincoli particolari, l'edificio di comando e controllo sarà collocato in prossimità dell'ingresso principale in modo da evitare che in caso di emergenza il personale autorizzato sia costretto a passare in vicinanza della zona apparecchiature e macchinario. L'edificio è posizionato a distanza adeguata da qualsiasi parte in tensione, rispettando i limiti di emissione dei campi elettrici e magnetici previsti dalle leggi in vigore e le disposizioni vigenti in materia di prevenzione incendi.

Dovrà essere sempre preventivamente consultata TERNA in merito agli spazi da riservare per l'ampliabilità futura degli impianti.

Al fine di ridurre il rischio d'estensione dei danni causati da incendio od esplosione e anche al fine di ridurre al minimo le indisponibilità per manutenzione, di seguito sono riportate le

distanze minime di progetto consigliate (SPECIFICA TECNICA TERNA tabella 7):

PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO	Sez.380 kV (m)	Sez.220 kV (m)	Sez.132/150 kV (m)
Distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori in sorpasso (se del caso)	5,50	3,20	2,20
Distanza tra le fasi per l'amarro linee	6,25	3,50	3
Larghezza degli stalli	22	14	11
Larghezza dello stallo dell'interruttore di parallelo (del tipo ad U senza sorpasso sbarre)	44	28	22
Distanza tra le fasi adiacenti di due sistemi di sbarre	11	7,60	6
Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra)	6,50	5,30	4,50
Quota asse sbarre	11,80	9,30	7,5
Quota amarro linee (ad interruttori "sfalsati")	14	12	9
Sbalzo sbarre per i TV di sbarra (***)	5,50	4,00	3,30
Sbalzo senza TV di sbarra	4,00	3,00	2,00
Distanza tra l'asse del TV di sbarra ed il cordolo della strada	4,70	3,00	2,00
DISTANZE LONGITUDINALI TRA LE PRINCIPALI APPARECCHIATURE AT DI STALLO			
Distanza tra le sbarre e l'interruttore	10	7	6,50
Distanza tra l'interruttore ed il TA (*)	10	8	7,50
Distanza tra il TA ed il sezionatore di linea (*)	5,10	5	3,50

Nel nostro caso specifico faremo riferimento alla sezione 132/150kV.

8.1 Apparecchiature AT, macchinario e componenti di stazione

Le apparecchiature AT, il macchinario ed i componenti di stazione saranno conformi a quanto indicato nella SPECIFICA TECNICA TERNA Rev. 01:

Interruttori

SPECIFICA TECNICA TERNA Rev. 01 Tabella 3:

3. Interruttori a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m ³) valori minimi consigliati	da 14 a 56 (*)	
Poli (n°)	3	
Tensione massima (kV)	170	
Corrente nominale (A)	2000	1250
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa (kV)	750	
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa (kV)	325	
Corrente nominale di corto circuito (kA)	40-31.5	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	100-80	80
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Sequenza nominale di operazioni	O-0,3"-CO-1'-CO	
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	8	5
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

Sezionatori

Sono previsti tutti i sezionatori indicati dalla SPECIFICA TECNICA TERNA, ed in particolare:

- Sezionatori terra-sbarre a tensione nominale 132-150kV;
- Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150kV senza lame di messa a terra;
- Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150kV con lame di messa a terra;

SPECIFICA TECNICA TERNA Rev. 01 Tabella 15, 16, 13

15. Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 132-150 kV	
GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale trasversale (N)	600
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

16. Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150 kV senza lame di messa a terra	
GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

13. Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150 kV con lame di messa a terra	
GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV, A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

Isolatori passanti

SPECIFICA TECNICA TERNA Rev. 01 Tabella 35:

35. Isolatore passante per esterno a tensione nominale a 150 kV		
Tipo	A condensatore	
Tipo di isolamento	Ved. par.6.1 doc. INEPI01031	
Applicazione	per Autotrasform. RTN (DOC. INEPI01012)	
Frequenza nominale	Hz 50	
Tensione massima di fase terra	kV 170/√3	
Tensione di tenuta sotto pioggia e a secco a frequenza di esercizio	kV 325	
Tensione di tenuta a secco ad impulso atmosferico	kV 750	
Prova di tensione nominale di lunga durata (FILD) per l'ATR	kV Ved. doc. INEPI01013	
Corrente nominale	A 800 1250	
Corrente termica nominale di breve durata	Valore efficace della componente simmetrica kA	20 31
	Valore di cresta del primo picco kA	51 80
Durata ammissibile di corrente termica nominale di breve durata	s. 2	
Carico di prova alla flessione(**)	N 4000 (**) 4000 (**)	
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	g/l Da 14 a 56 (*)	
Temperatura massima olio di immersione dell ATR	°C 115	
Angolo di montaggio rispetto alla verticale	< 30°	
Temperatura SF6		
Massima	°C 70	
Media giornaliera	°C 40	
Pressione SF6		
Minima	kPa 310	
Massima	kPa 750	

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(**)Valori in base al livello II, Tab.1 Norma CEI EN 60137 (per gli isolatori passanti olio-olio/olio-SF₆ è sufficiente fare riferimento al livello I); il Costruttore dovrà concordare con il proprietario anche i valori di momento flettente da applicare sulla flangia degli isolatori olio-olio/olio-SF₆.

Trasformatori di corrente (TA)

SPECIFICA TECNICA TERNA Rev. 01 Tabella 19:

19. Trasformatori di corrente a tensione nominale 150 kV		
GRANDEZZE NOMINALI		
Tensione massima	(kV)	170
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione(**)	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei(**)	(n°)	3
Corrente massima permanente	(p.u.)	1,2
Corrente termica di corto circuito	(kA)	31,5-40
Impedenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤0,4
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	(Ω)	Trascurabile
Prestazioni(**) e classi di precisione:		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5P30
Fattore sicurezza nucleo misure		≤10
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	(kg/m ³)	da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti		
Secondo la Tab.8, Classe II della Norma CEI EN 60044-1.		

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

(**) I valori relativi ai rapporti di trasformazione, alle prestazioni ed al numero dei nuclei devono intendersi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Trasformatori di tensione (TV)

SPECIFICA TECNICA TERNA Rev. 01 Tabella 27:

27. Trasformatori di tensione induttivi a tensione nominale 150 KV	
GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	150.000/√3
Tensione nominale secondaria (V)	100/√3
Frequenza nominale (Hz)	50
Prestazione nominale (VA)(**)	50
Classe di precisione	0,2-0,5-3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale (N)	Tab. 9 Norma CEI EN 60044-2
- verticale (N)	

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

8.2 Movimento terra

I movimenti terra, per la realizzazione degli impianti di trasformazione 36/150 kV, comportano l'esecuzione di lavori di preparazione del terreno e di scavo per la

realizzazione delle opere di fondazione (portali, fondazioni macchinario e apparecchiature, torri faro, ecc).

L'area di cantiere in questo tipo di progetto sarà costituita essenzialmente dall'area su cui insisterà l'impianto.

I lavori di preparazione, in funzione delle caratteristiche planoaltimetriche e fisico/meccaniche del terreno, consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto al fine di ottenere un piano a circa 60÷80 cm rispetto alla quota del piazzale di stazione, ovvero in uno "scortico" superficiale di circa 30 cm con scavi a sezione obbligata per le fondazioni; il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

Nel caso in cui i campionamenti eseguiti escludano un riutilizzo del materiale, lo stesso sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche proveniente da cave di prestito.

Poiché per l'esecuzione dei lavori non saranno utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi e in tutte le aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito.

L'eventuale terreno rimosso in eccesso sarà conferito in discarica nel rispetto della normativa vigente.

8.3 Recinzione

L'impianto da realizzarsi sarà protetto e delimitato da una recinzione esterna, costituita da muro di base in cemento armato di altezza variabile e di elementi traforati prefabbricati nella parte superiore fino ad ottenere un'altezza complessiva di 2.50 mt.

8.4 Accesso alle aree

La strada di accesso si trova ad una quota leggermente diversa (pochi centimetri) dal terreno su cui si andranno a realizzare le opere, con la presenza di una canaletta di smaltimento, che raccoglie e convoglia le acque piovane.

Per tale motivo l'accesso all'impianto avverrà mediante la realizzazione di una rampa di lieve pendenza, che dalla strada pubblica accede direttamente alla sottostazione.

Per non ostruire il naturale deflusso delle acque piovane, saranno realizzate apposite caditoie/cunette in calcestruzzo con griglia metallica carrabile superiore, questo consentirà la raccolta delle acque ed essendo realizzata al piano di scorrimento delle acque, non ostacolerà in alcun modo il loro regolare deflusso; la soluzione con griglia superiore, inoltre permetterà una facile manutenzione dell'opera.

8.5 Sistemazione e pavimentazione delle aree

L'area su cui si interverrà presenta delle lievi pendenze, pertanto si provvederà alla rimozione di uno strato di terreno vegetale (circa 20-30 cm.) ed alla formazione di una nuova massicciata su cui sorgeranno le opere.

Tutte le aree sistemate saranno perfettamente in piano (salvo le pendenze tecniche per il deflusso delle acque meteoriche) con quota leggermente rialzata rispetto al terreno attuale. Si realizzeranno tutte le basi di sostegno dei macchinari in calcestruzzo, con tirafondi in acciaio zincato, per l'alloggiamento di tutte le apparecchiature elettriche necessarie per la costruzione della sottostazione in esame, dietro l'assistenza tecnica del gestore della rete. Le aree in cui verranno posizionate le apparecchiature elettriche saranno pavimentate mediante calcestruzzo, al cui contorno saranno posizionati i cordoli di delimitazione, sempre in calcestruzzo.

Tutte le restanti superfici, carrabili e non, verranno asfaltate mediante un primo strato di binder ed un tappetino di usura, e si troveranno a quota - 0.30 m rispetto al piano di installazione delle apparecchiature elettriche.

Considerata la configurazione del sito in esame, si farà particolarmente attenzione alla raccolta delle acque piovane; difatti si provvederà a realizzare il piazzale con pendenze tecniche tali da permettere il naturale scolo delle stesse verso l'esterno e quindi verso la cunetta posta a margine della strada.

8.6 Rete di terra

La rete di terra della stazione interesserà l'area recintata dell'impianto.

Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, saranno realizzati secondo l'unificazione TERNA per le stazioni a 380 kV, 220kV e 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 40 kA per 0,5 sec.

Il dispersore sarà costituito da una maglia realizzata in corda di rame da 63 mmq interrata ad una profondità di circa 0,7 m composta da maglie regolari di lato adeguato.

Il lato della maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI EN 50522 (classificazione CEI 99-3). Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica.

Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 125 mmq.

Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

I ferri di armatura dei cementi armati delle fondazioni, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della stazione.

8.7 Edificio di consegna

L'edificio per i punti di consegna a 36 kV sarà destinato ad ospitare l'arrivo di linee a 36kV per l'alimentazione dei S.A. della stazione e le consegne dei sistemi di telecomunicazioni.

Il fabbricato sarà composto dai locali destinati ad ospitare i quadri elettrici, i contatori di misura ed i sistemi di TLC.

I locali dei punti di consegna saranno dotati di porte con apertura verso l'esterno rispetto alla stazione elettrica e saranno accessibili ai fornitori dei servizi di energia elettrica e TLC.

8.8 Illuminazione aree e locali

Tutte le aree saranno illuminate tramite una torre faro con fondazione in cemento armato, torre di sostegno in acciaio e proiettori a scarica orientabili, in numero e caratteristiche tali da assicurare un livello di illuminamento medio adeguato, posta all'interno della stessa.

Il comando dell'accensione dell'impianto di illuminazione esterna, verrà effettuato attraverso un interruttore dedicato e da un apposito interruttore crepuscolare, posto in uno dei locali di misure.

I fabbricati utenti e Gestore della Rete che si realizzeranno per l'alloggiamento delle apparecchiature, verranno dotati di un'alimentazione trifase a 230/400V in c.a., con una potenza disponibile non inferiore a 9 kVA ovvero secondo le esigenze dei servizi locali.

All'interno di ogni singola cabina, si realizzerà un impianto di illuminazione e f.m., secondo

le indicazioni del gestore della rete, oltre che secondo quanto stabilito dalla normativa CEI. In particolare l'impianto di illuminazione interna, sarà eseguita mediante apparecchiature illuminanti a tubi fluorescenti, in grado di assicurare un illuminamento medio pari a circa 200 lux.

Si installeranno una serie di apparecchiature elettriche aventi caratteristiche adeguate alle prescrizioni del Gestore della rete, specifiche per la sottostazione in esame, in funzione della tensione nominale di esercizio, pari a 150 kV.

8.9 Apparecchiature di misura

La misura dell'energia avverrà sul lato AT a 150 kV, in corrispondenza del punto di consegna e sarà effettuata attraverso due diversi misuratori, uno per fini esclusivamente fiscali (UTF), l'altro a servizio del "Gestore" e dell'utente. La sottostazione sarà conforme alle prescrizioni della normativa "TERNA spa" e alle norme CEI. Tutte i componenti sono stati dimensionati in base ai calcoli effettuati sulla producibilità massima dell'impianto fotovoltaico, con i dovuti margini di sicurezza, e in base ai criteri generali di sicurezza elettrica.

8.10 Assetto delle protezioni AT

Nel seguito si elencano le soluzioni adottate per le protezioni degli stalli a 150kV in progetto. Con riferimento allo schema elettrico si distinguono tre tipologie di stalli:

1. Stallo arrivo linea
2. Stallo trasformatore 36/150

In base alla guida tecnica DRRPX04042 di "TERNA s.p.a." l'assetto delle protezioni delle due tipologie di stallo è relativa a impianti di **tipo B** ossia impianti a "150-132 kV, con funzione di sub-trasmissione, smistamento e/o annesse a centrali con produzione non trascurabile".

Assetto protezione stallo linea

- 21. e 21.2: doppia protezione distanziometrica
- MAI: protezione mancata apertura interruttore
- 79R: richiusura rapida automatica
- 79L: richiusura lenta automatica

Assetto protezione stallo trasformatore 36/150

- 50: protezione di massima corrente ad azione rapida
- 51: protezione di massima corrente ad azione ritardata
- 87 T: protezione differenziale del trasformatore

8.11 Protezione lato consegna

Le stazioni di trasformazione saranno dotate di interruttori automatici separati per i vari gruppi di generazione, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori a 36kV (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relé indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Sarà presente anche un trasformatore 36/0,4 per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione derivato direttamente dalla sbarra a 36 kV di stazione. L'energia assorbita da tali utenze sarà misurata attraverso apposito misuratore ai fini fiscali.

8.12 Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione dalla rete di trasmissione ad alta tensione in caso di malfunzionamento della rete. Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima e massima tensione omopolare.

La protezione agirà sull' interruttore AT dello stallo arrivo linea in partenza verso i gruppi di generazione e sarà realizzata anche una protezione di ricalzo (con ritardo di 0.5 s) nei confronti dell'interruttore AT del trasformatore 36/150 (protezione di macchina) per mancato intervento dei primi dispositivi di interfaccia.

8.13 Protezione del trasformatore 36/150

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato 36kV, l'altro sul lato 150 kV (52T), corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

9 OPERE CIVILI

9.1 Strade di servizio e accesso

Le strade di accesso esistenti permetteranno un facile accesso dei mezzi al sito di installazione. Le stradine di servizio saranno realizzate come piste in terra battuta. Nessun percorso carrabile esistente a servizio dell'attività agricola sarà modificato in natura del fondo, geometria e percorso.

9.2 Livellamento

L'area necessaria all'installazione dei moduli fotovoltaici, sarà livellata solo dove si renda strettamente necessario di modo che presenti una pendenza contenuta. Le pendenze del terreno saranno quanto più possibile mantenute allo stato naturale per interferire il meno possibile sullo scorrimento dell'acqua piovana.

Se occorre saranno realizzate apposite pendenze per il defluvio dell'acqua piovana in canali di scolo. Il livellamento del terreno sarà comunque eseguito in maniera tale da non modificare significativamente il naturale deflusso delle acque.

9.3 Scavi

E' prevista l'esecuzione di scavi per la posa dei cavidotti per il cablaggio elettrico.

Gli scavi a sezione ristretta, necessari per la posa dei cavi avranno ampiezza massima di 0,6 m e profondità massima che varia tra 1 m e 1,5m a seconda se la tratta di elettrodotto interessa terreno agricolo o strade carrabili. La larghezza dello scavo varia in relazione al numero di linee elettriche che saranno posate.

Gli scavi, effettuati con mezzi meccanici, saranno realizzati evitando che le acque scorrenti alla superficie del terreno non abbiano a riversarsi nei cavi.

I materiali rinvenuti dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno momentaneamente depositate in prossimità degli scavi stessi o in altri siti individuati nel cantiere. Successivamente lo stesso materiale sarà riutilizzato per il rinterro.

I materiali rinvenuti dagli scavi a sezione ampia, realizzati per l'esecuzione delle fondazioni delle cabine, potranno essere utilizzati in parte per l'appianamento dell'area di installazione ed il resto trasportato a rifiuto in discarica autorizzata.

9.4 Recinzione e cancelli d'accesso

La recinzione sarà realizzata con pannelli grigliati di altezza di minimo 2.00 mt fissati a mezzo di idonei ancoraggi e imbullonati tra loro, composti da profilati piatti in acciaio, zincati e colorati. La recinzione prevede cancello carrabile e pedonabile realizzati in lamiera di acciaio zincata a caldo.

9.5 Cabina

Si utilizzeranno cabine prefabbricate di cui si dà dettaglio costruttivo nei disegni in allegato. Per la climatizzazione della cabina si utilizzeranno pompe di calore.

Manufatto, muratura e pavimento

Il manufatto prefabbricato garantirà in ogni sua parte e componente un'adeguata protezione contro eventuali tentativi di smontaggio dall'esterno; sarà inoltre realizzato in modo da avere un grado di protezione IP 33 verso l'interno. Le dimensioni di ingombro saranno quelle prescritte nei disegni facenti parte del progetto definitivo e sarà realizzato con una struttura monoblocco in cemento armato vibrato, con pareti interne lisce senza nervature. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione della struttura deve essere miscelato con idonei additivi fluidificanti e impermeabilizzanti, al fine di ottenere adeguata protezione da infiltrazioni d'acqua per capillarità. La posa in opera del manufatto verrà fatta su un idoneo basamento in CLS esistente, al quale sarà ancorato tramite adeguati tasselli a espansione oppure viti ad infissione diretta.

Sul pavimento verranno praticate due aperture passanti e quattro fori circolari. Il pavimento sarà perfettamente piano, sufficientemente rifinito, antisdrucchiolo e in grado di sostenere tutti i carichi fissi e mobili (7000 kg/m²) previsti sia durante il servizio sia in fase di montaggio. La copertura del manufatto sarà realizzata in unica falda impermeabilizzata con guaina ardesiata bituminosa applicata a caldo avente spessore minimo di 4 mm. Ai quattro angoli debbono essere previsti opportuni fori con inserto metallico filettato, muniti di tappi ermetici, per l'applicazione di n° 4 golfari di sollevamento idonei a sopportare il carico complessivo dell'intera struttura, sia in fase di trasporto sia in fase di posizionamento.

Le pareti esterne del manufatto saranno realizzate in calcestruzzo

confezionato con cemento vibrato ad alta resistenza, adeguatamente armato. Su tre della quattro pareti devono essere praticati i vani di accesso come indicato nei disegni di progetto. Le porte di accesso saranno fornite in opera e avranno le seguenti caratteristiche e dotazioni:

- ante apribili verso l'esterno;
- targa monitoria di sicurezza (divieto di accesso, divieto di spengere incendi con acqua e pericolo elettrico);
- dimensioni indicate nella specifica tecnica;
- serratura della porta come da specifica tecnica.

Il prefabbricato sarà rifinito con pareti interne e il soffitto tinteggiate con pitture a base di resine sintetiche o tempera di colore bianco. Le pareti esterne saranno trattate con rivestimento murale plastico idrorepellente (colore RAL 1011), costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti e additivi che garantiscano:

- il perfetto ancoraggio sul manufatto;
- resistenza agli agenti atmosferici anche in ambienti aggressivi (industriale e marino);
- inalterabilità del colore alla luce solare e stabilità agli sbalzi di temperatura (in particolare per un temperatura da -10 °C a 60 °C).

L'elemento di copertura sarà trattato con lo stesso rivestimento sopra citato ma con colore RAL 7001.

Illuminazione

L'impianto di illuminazione all'interno del manufatto sarà realizzato mediante due plafoniere stagne in materiale termoplastico autoestinguente (policarbonato o equivalente), con grado di protezione IP55, contenenti ognuna una lampada a led della potenza di 18 W e installate a soffitto sopra le porte di accesso. Gli apparecchi debbono essere comandati mediante appositi deviatori bipolari, in custodia avente grado di protezione IP 44, alloggiati sulle pareti più lunghe del prefabbricato a destra delle porte d'accesso dei vani quadri BT e MT. All'interno del locale, in posizione ben visibile e accessibile, saranno installati due nodi di terra in sbarra sagomata di rame elettrolitico delle dimensioni 50×4×150 mm. Tali nodi di terra saranno collegati tra loro, alle armature in ferro del manufatto e ai supporti del quadro BT, mediante corda di rame nuda 35/7 CEI-UNEL 01437 (sezione

35 mm²); le connessioni ai ferri d'armatura saranno due, ben riconoscibili, realizzate mediante inserti filettati annegati nel cemento e in intimo contatto con l'armatura metallica. I collegamenti in corda di rame dell'impianto di terra saranno realizzati in modo da non intralciare le successive operazioni di posa o rimozione delle apparecchiature, con particolare riferimento al trasformatore 36/0,4 kV. Pertanto, la corda di rame avente sezione pari a 35 mm² che collega i due nodi di terra, alla quale verranno connesse le parti metalliche non in tensione, sarà posata lungo la parete lunga del manufatto priva di aperture e a filo della cava BT.

10 PROVE E CONTROLLI SUI COMPONENTI E SULLE LAVORAZIONI

10.1 Collaudo componenti e soggetti collaudatori

I quadri elettrici dell'impianto saranno sottoposti a prove e collaudi in officina previsti dai piani di qualità dei Costruttori. La certificazione dei collaudi sarà consegnata prima dell'installazione alla Direzione Lavori o al Responsabile del Procedimento o suo delegato.

10.2 Prove di accettazione e messa in servizio

I componenti che costituiscono l'impianto sono progettati, costruiti e sottoposti alle prove previste nelle norme ed alle prescrizioni di riferimento.

In particolare, prima dell'inizio dei lavori di montaggio in cantiere, il controllo dei componenti sarà del tipo visivo - meccanico e riguarderà:

- Accertamento della corrispondenza dei componenti con quanto riportato nel progetto;
- Accertamento della presenza di eventuali rotture o danneggiamenti dovuti al trasporto.

Prima dell'emissione del certificato di regolare esecuzione dell'impianto e, comunque, prima del ripiegamento del cantiere, il controllo riguarderà la verifica dell'integrità dei componenti e della realizzazione dell'impianto a "perfetta regola d'arte". La verifica consisterà nel controllare:

- il corretto montaggio delle strutture dei moduli;
- la continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- la corretta esecuzione dei cablaggi in congruenza con quanto riportato nel progetto;

- la messa a terra delle masse;
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);

Le verifiche sopra riportate dovranno essere effettuate a lavori ultimati, dall'installatore dell'impianto, che dovrà essere in possesso di tutti i requisiti previsti dalle leggi in materia e dovrà emettere una dichiarazione, firmata e siglata in ogni parte atta ad attestare l'esito delle verifiche e la data in cui le stesse sono state effettuate.

11 MANUTENZIONE

La manutenzione degli impianti, sia essa di tipo ordinario che straordinaria, ha la finalità di mantenere costante nel tempo le prestazioni degli impianti, essa comprenderà quindi tutte le operazioni necessarie all'ottenimento di quanto sopra nonché ad:

- Ottimizzare i consumi
- Garantire una lunga vita all'impianto, prevedendo le possibili avarie e riducendo nel tempo i costi di manutenzione straordinaria che comportano sostituzioni e/o riparazioni di componenti importanti dell'impianto.

11.1 Manutenzione ordinaria

La manutenzione si intende ordinaria quando:

- Comporta l'impiego di materiali di consumo o di ricambio espressamente previsti;
- Può essere eseguita in luogo con attrezzi di tipo corrente (chiavi, cacciaviti e simili);
- Non richiede parti specifiche di ricambio, ma unicamente minuterie o materiali di normale usura (ranelle, guarnizioni, materiali di saldatura e simili) e comprende tutti gli oneri relativi alle operazioni ordinarie e necessarie per assicurare l'efficienza degli impianti e la loro conservazione.

11.2 Manutenzione straordinaria

La manutenzione si intende straordinaria quando:

- Non può essere eseguita in loco oppure quando, eseguita in loco richiede mezzi di particolare importanza (ponteggi e mezzi di sollevamento) ed attrezzature particolari;

- Comporta l'approvvigionamento di parti di ricambio, oppure la sostituzione di componenti dell'impianto di uso non corrente.

11.3 Piano di manutenzione

Il piano di manutenzione sarà costituito dal programma di manutenzione e dai manuali d'uso delle apparecchiature degli impianti in oggetto, ed individua un sistema di controlli ed interventi da seguire a cadenze temporali prefissate. I manuali d'uso contengono tutte le informazioni relative ai vari componenti dell'impianto per consentirne la loro corretta gestione e manutenzione. Inoltre il piano di manutenzione dovrà integrarsi con il piano di manutenzione generale del resto del complesso in quanto gli impianti aggiunti non rappresentano altro che una implementazione degli impianti già esistenti, per cui sarà sufficiente applicare a questi il piano manutentivo generale. Prima dell'inizio delle operazioni di manutenzione degli impianti devono essere state eseguite tutte le prove e verifiche ed aver recepito tutti i dati relativi alle prestazioni attese in grado di essere fornite dall'impianto.

11.4 Moduli fotovoltaici

La manutenzione preventiva sui singoli moduli non richiede la messa fuori servizio di parte o di tutto l'impianto e consiste in:

- Ispezione visiva, tesa all'identificazione dei danneggiamenti ai vetri (o supporti plastici) anteriori, deterioramento del materiale usato per l'isolamento interno dei moduli, microscariche per perdita di isolamento ed eccessiva sporcizia del vetro (o supporto plastico);
- Controllo cassetta di terminazione, mirata ad identificare eventuali deformazioni della cassetta di terminazione, la formazione di umidità all'interno, lo stato dei contatti elettrici della polarità positive e negative, lo stato dei diodi di by-pass, il corretto serraggio dei morsetti di intestazione dei cavi di collegamento delle stringhe e l'integrità della siliconatura dei passacavi.

11.5 Stringhe Fotovoltaiche

La manutenzione preventiva sulle stringhe, viene effettuata dal quadro elettrico in continua, non richiede la messa fuori servizio di parte o tutto l'impianto e consiste nel:

- Controllo delle grandezze elettriche: con l'ausilio di un normale multimetro controllare l'uniformità delle tensioni a vuoto e delle correnti di funzionamento per ciascuna delle

stringhe che fanno parte dell'impianto.

11.6 Quadri Elettrici

La manutenzione preventiva sui quadri elettrici non comporta operazioni di fuori servizio di parte o di tutto l'impianto e consiste in:

- *Ispezione visiva*: tesa alla identificazione di danneggiamenti dell'armadio e dei componenti contenuti ed alla corretta indicazione degli strumenti di misura eventualmente presenti sul fronte quadro;
- *Controllo protezioni elettriche*: per verificare l'integrità dei diodi di blocco e l'efficienza degli scaricatori di sovratensione;
- *Controllo organi di manovra*: per verificare l'efficienza degli organi di manovra;
- *Controllo cablaggi elettrici*: per verificare, con prova di sfilamento, i cablaggi interni dell'armadio (solo in questa fase è opportuno il momentaneo fuori servizio) ed il serraggio dei morsetti;
- *Controllo elettrico*: per controllare la funzionalità e l'alimentazione del relè di isolamento installato, se il generatore è flottante, e l'efficienza delle protezioni di interfaccia.

11.7 Convertitore

Le operazioni di manutenzione preventiva sono limitate ad una ispezione visiva mirata ad identificare danneggiamenti meccanici dell'armadio di contenimento, infiltrazione di acqua, formazione di condensa, eventuale deterioramento dei componenti contenuti e controllo della corretta indicazione degli strumenti di misura eventualmente presenti. Tutte le operazioni è bene che vengano eseguite con impianto fuori servizio.

11.8 Collegamenti elettrici

La manutenzione preventiva sui cavi elettrici di cablaggio non necessita di fuori servizio e consiste, per i soli cavi a vista, in un'ispezione visiva tesa all'identificazione di danneggiamenti, bruciature, abrasioni, deterioramento isolante, variazioni di colorazioni del materiale usato per l'isolamento.