



COMUNE DI ASCOLI SATRIANO
PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di 39.52 MWp (34.20 MW + 20 MW in immissione) nel comune di Ascoli Satriano (FG) in località "Mendola", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili

PROGETTO DEFINITIVO

Calcoli preliminari degli impianti elettrici

COD. ID.					
Livello prog.		Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD		Definitiva	4.2.11.2	02/2023	-

Nome file

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	FEBBRAIO 2023	PRIMA EMISSIONE		MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:

MAXIMA PV2 S.R.L.

Via Marco Partipilo, N. 48
70124 BARI (BA) ITALIA
P.IVA: 08625130722

MAXIMA PV 2 S.r.l.

Via Marco Partipilo, 48
70124 Bari (BA) - Italy
C.F. e P. Iva 08625130722

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

Direttore tecnico: Ing. Massimo Magnotta
via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729



CONSULENTI:

Ing. Sabrina Scaramuzzi

Viale Luigi De Laurentis, 6 int.20, 70124 Bari (BA) Italia
Tel./fax. 080 2082652 - 328 5589821
e-mail: progettoacustica@gmail.com - sabrina.scaramuzzi@ingpec.eu

Dott. Antonio Mesisca

Via A. Moro, B/5, 82021 Apice (BN), Italia
Tel. 327 1616306
e-mail: mesisca.antonio@virgilio.it

Dott. Geol. Rocco Porsia

Via Tacito, 31, 75100 Matera (MT) Italia
Tel: +39 3477151670
e-mail: r.porsia@laboratorioterre.it

Dott. For. Marina D'Este

Via Gianbattista Bonazzi, 21 70124 Bari (BA), Italia
Tel. +39 3406185315
e-mail: m.deste20@gmail.com

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>		
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI		
Rev:	Data:	Foglio
00	Febbraio 2023	1 di 62

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO.....	2
SITO DI INSTALLAZIONE	2
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	2
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	3
EMISSIONI	3
RADIAZIONE SOLARE	3
Tabella di radiazione solare sul piano orizzontale	3
Tabella produzione energia	4
Esposizione	4
Esposizione N-S.....	5
Strutture di sostegno.....	7
Architettura dell'impianto	8
Campo A	9
Campo B	17
Campo C	25
Campo D	32
Campo E	40
Campo F.....	47
Campo G	54
RIFERIMENTI NORMATIVI	61
CONCLUSIONI	63

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI – Progetto definitivo –									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	2 di 62	

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza nominale di 34.200 kW e potenza di picco di 39.523,4 kWp.

PROPONENTE	
Proponente:	Maxima PV2 s.r.l.
Indirizzo:	Via Marco Partipilo, 48

SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto presenta le seguenti caratteristiche: .

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Provincia di Foggia 71022 SP90
Latitudine:	041°09'04"N
Longitudine:	015°35'56"E
Altitudine:	393 m
Fonte dati climatici:	UNI 10349
Albedo:	0 %

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (*da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento*):

in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass. Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	3 di 62	

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 7 campi fotovoltaici composti da n° 72520 moduli fotovoltaici e da n° 171 inverter diffusi, localizzati in 18 cabine di campo.

La potenza di picco è di 39,523.4 kWp per una produzione di 70,971,865.5 kWh annui distribuiti su una superficie di 185,651.2 m².

Modalità di connessione alla rete Monofase in bassa tensione con tensione di fornitura 231 V.

EMISSIONI

L'impianto riduce le emissioni inquinanti in atmosfera secondo la seguente tabella annuale:

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO ₂):	49,739.04 kg
Ossidi di azoto (NO _x):	62,615.64 kg
Polveri:	2,221.85 kg
Anidride carbonica (CO ₂):	37,013.92 t

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H ₂ S) (fluido geotermico):	2,174.86 kg
Anidride carbonica (CO ₂):	418.96 t
Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP):	17,742.97 TEP

RADIAZIONE SOLARE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Provincia di Foggia.

Tabella di radiazione solare sul piano orizzontale

Mese	Totale giornaliero [MJ/m²]	Totale mensile [MJ/m²]
Gennaio	5.3	164.3
Febbraio	8.17	228.76

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SARIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	4 di 62	

Marzo	11.2	347.2
Aprile	17.45	523.5
Maggio	23.87	739.97
Giugno	23.63	708.9
Luglio	26.38	817.78
Agosto	23.1	716.1
Settembre	15.06	451.8
Ottobre	10.82	335.42
Novembre	5.73	171.9
Dicembre	4.25	131.75

Tabella produzione energia

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	90022.846	2790708.232
Febbraio	127529.297	3570820.329
Marzo	149377.002	4630687.076
Aprile	224663.501	6739905.016
Maggio	296911.871	9204268.007
Giugno	281484.206	8444526.183
Luglio	329062.969	10200952.048
Agosto	295990.014	9175690.432
Settembre	200952.728	6028581.847
Ottobre	166565.234	5163522.258
Novembre	91434.084	2743022.514
Dicembre	73521.986	2279181.573

Esposizione

L'impianto fotovoltaico è composto da 7 campi distribuiti su 1 esposizione come di seguito definita:

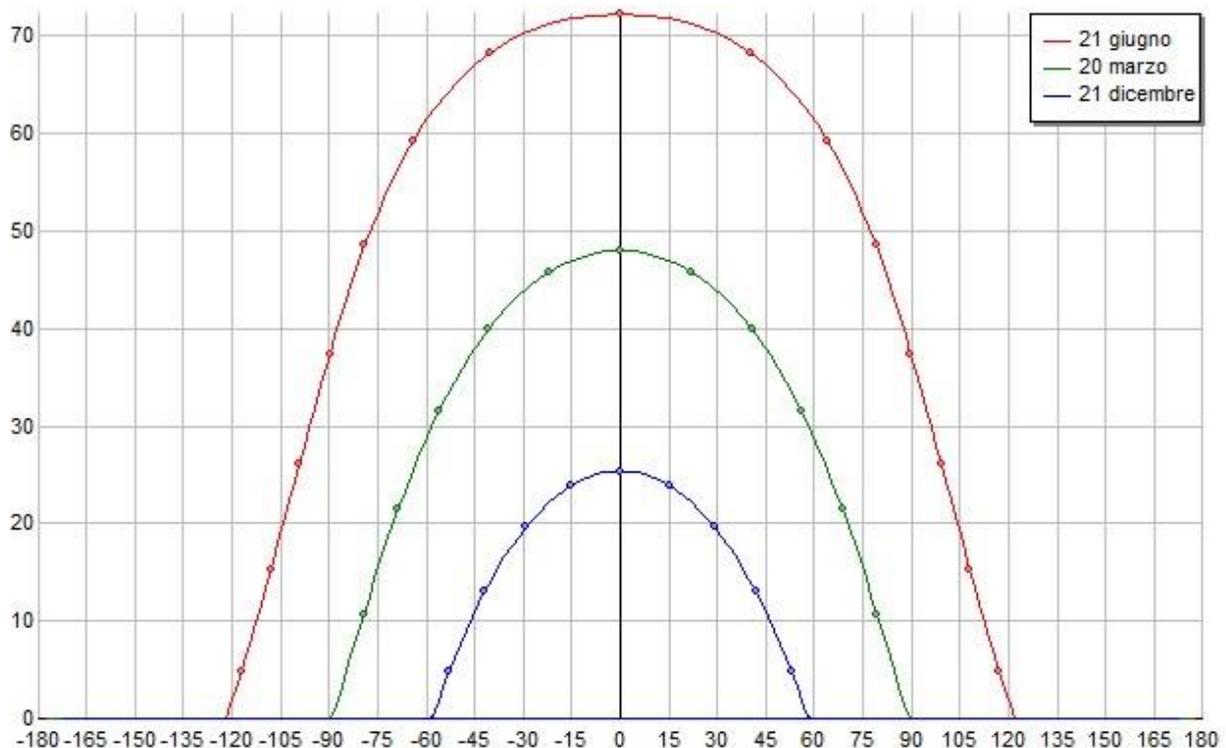
Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00						Febbraio 2023	5 di 62		

Descrizione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombr.
Esposizione N-S	Inseguitore ad un asse (azimutale)	0°	+/-55°	0 %

Esposizione N-S

L'impianto fotovoltaico sarà esposto N-S con un sistema di inseguimento ad un asse per massimizzare l'irradiazione giornaliera ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di +/-55.00° (tilt). La produzione di energia dell'esposizione N-S è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

Diagramma di ombreggiamento



Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>					
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI					
Rev:			Data:		Foglio
00				Febbraio 2023	6 di 62

Diagramma radiazione solare

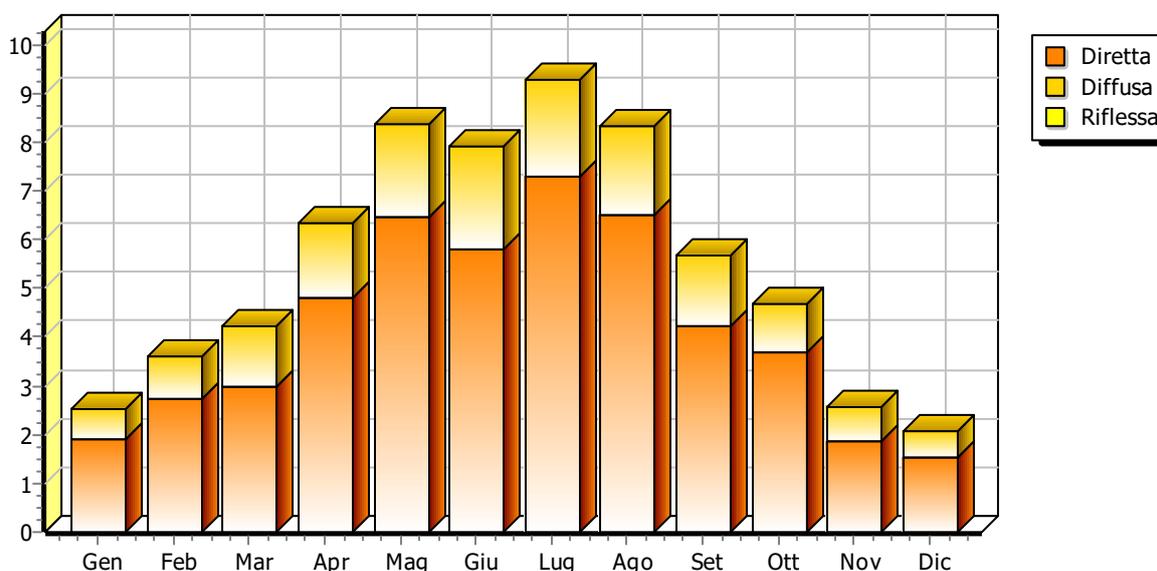


Tabella di radiazione solare

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m²]	Radiazione Diffusa [kWh/m²]	Radiazione Riflessa [kWh/m²]	Totale giornaliero [kWh/m²]	Totale mensile [kWh/m²]
Gennaio	1.903	0.633	0	2.536	78.627
Febbraio	2.739	0.854	0	3.593	100.606
Marzo	2.985	1.224	0	4.209	130.467
Aprile	4.798	1.532	0	6.33	189.894
Maggio	6.459	1.907	0	8.365	259.326
Giugno	5.803	2.128	0	7.931	237.921
Luglio	7.296	1.975	0	9.271	287.407
Agosto	6.501	1.838	0	8.339	258.521
Settembre	4.21	1.452	0	5.662	169.852
Ottobre	3.667	1.026	0	4.693	145.48
Novembre	1.87	0.706	0	2.576	77.283
Dicembre	1.54	0.532	0	2.071	64.215

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		7 di 62	

Strutture di sostegno

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con struttura ad inseguimento solare di tipo Inseguitore ad un asse (azimutale), avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

– Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	8 di 62

Architettura dell'impianto

L'impianto fotovoltaico in progetto è stato strutturato in sette campi collegati tra loro in entra-esce dalle Cabine di Campo. Al fine di ottimizzarne l'architettura, è stata scelta un'unica tipologia di inverter diffuso. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva del dimensionamento dell'impianto alla quale seguirà una descrizione dettagliata di ogni singolo campo fotovoltaico.

Sottocampo	Numero vele da 56M	Numero moduli per vela	Numero vele da 28M	Numero stringhe da 28M	Moduli fotovoltaici
A	67	56	18	152	4256
B	69	56	10	148	4144
C	126	56	12	264	7392
D	46	56	11	103	2884
E	366	56	41	773	21644
F	403	56	60	866	24248
G	135	56	14	284	7952

Sottocampo	Potenza unitaria modulo fotovoltaico (Wp)	Potenza sottocampo (kW)	N° Inverter HUAWEI SUN2000-215KTL-H0	Cabina	Potenza AC (kW)	Potenza Trasformatore (kVA)

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	9 di 62

A	545	2319.52	10	A1	2000	3250
B		2258.48	10	B1	2000	3250
C		4028.64	18	C1	1800	3000
				C2	1800	3000
D		1571.78	5	D1	1000	1500
E		11795.98	50	E1	2000	3250
				E2	2000	3250
				E3	2000	3250
				E4	2000	3250
				E5	2000	3250
F		13215.16	60	F1	2000	3250
				F2	2000	3250
				F3	2000	3250
	F4			2000	3250	
	F5			2000	3250	
	F6			2000	3250	
G	4333.84	18	G1	1800	3000	
			G2	1800	3000	

Campo A

Il generatore è composto da n° 4256 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	4256
Numero inverter:	10
Potenza nominale:	2000 kW

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	10 di 62

Potenza di picco:	2319.52 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	11 di 62

- IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
 - ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
 - ❑ Conformità marchio CE.
 - ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
 - ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
 - ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
 - ❑ Efficienza massima $\geq 90\%$ al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 10 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW
Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>- Progetto definitivo -</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	12 di 62	

Rendimento:	0.99
-------------	------

Inverter 1-2	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	28	28	56	56	56	56	56	56	56

Inverter 3-10	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	28	28	28	56	56	56	56	56	56

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 4.256 = 2.319,52 \text{ kWp}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m ²]	Energia [kWh]
Esposizione N-S	4256	1,999.6	4,638,109.82

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 4165144.2 \text{ kWh}$$

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

– Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	13 di 62

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	163779.0	163779.0	0.0 %
Febbraio	209561.7	209561.7	0.0 %
Marzo	271762.3	271762.3	0.0 %
Aprile	395546.5	395546.5	0.0 %
Maggio	540173.3	540173.3	0.0 %
Giugno	495586.1	495586.1	0.0 %
Luglio	598665.9	598665.9	0.0 %
Agosto	538496.1	538496.1	0.0 %
Settembre	353800.9	353800.9	0.0 %
Ottobre	303033.0	303033.0	0.0 %
Novembre	160980.5	160980.5	0.0 %
Dicembre	133758.9	133758.9	0.0 %
Anno	4165144.2	4165144.2	0.0 %

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00					Febbraio 2023			14 di 62	

- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Quadri elettrici

Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		15 di 62	

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

È possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	16 di 62

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo A soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di $V_{mpp\ min.}$ (500.0 V)

Tensione massima V_n a -2.00 °C (1277.0 V) inferiore a $V_{mpp\ max.}$ (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -2.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -2.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (27.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (116.0%) compreso tra 80.0% e il 130.0%

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	17 di 62

Campo B

Il generatore è composto da n° 4144 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	4144
Numero inverter:	10
Potenza nominale:	2000 kW
Potenza di picco:	2258.48 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	18 di 62	

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima $\geq 90\%$ al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 10 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>- Progetto definitivo -</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00						Febbraio 2023	19 di 62		

Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A
Rendimento:	0.99

Inverter 1-8	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	28	28	28	56	56	56	56	56	56

Inverter 9-10	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	28	28	28	28	56	56	56	56	56

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	20 di 62

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 4.144 = 2.258,48 \text{ kWp}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m ²]	Energia [kWh]
Esposizione N-S	4144	1,999.6	4,516,054.3

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 4055535.2 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	159469.0	159469.0	0.0 %
Febbraio	204046.9	204046.9	0.0 %
Marzo	264610.7	264610.7	0.0 %
Aprile	385137.4	385137.4	0.0 %

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

– Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	21 di 62

Maggio	525958.2	525958.2	0.0 %
Giugno	482544.4	482544.4	0.0 %
Luglio	582911.5	582911.5	0.0 %
Agosto	524325.2	524325.2	0.0 %
Settembre	344490.4	344490.4	0.0 %
Ottobre	295058.4	295058.4	0.0 %
Novembre	156744.1	156744.1	0.0 %
Dicembre	130238.9	130238.9	0.0 %
Anno	4055535.2	4055535.2	0.0 %

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	22 di 62	

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		23 di 62	

Quadri elettrici

□ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

□ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	24 di 62

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo B soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di V_{mpp} min. (500.0 V)

Tensione massima V_n a -2.00 °C (1277.0 V) inferiore a V_{mpp} max. (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -2.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -2.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (27.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (112.9%) compreso tra 80.0% e il 130.0%

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	25 di 62

Campo C

Il generatore è composto da n° 7392 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	7392
Numero inverter:	18
Potenza nominale:	3600 kW
Potenza di picco:	4028.64 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	26 di 62

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).
 Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima >= 90% al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 18 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:		Foglio	
00										Febbraio 2023		27 di 62	

Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A
Rendimento:	0.99

Inverter 1-6	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	28	28	28	28	56	56	56	56	56

Inverter 7-18	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	28	28	28	56	56	56	56	56	56

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 7.392 = 4.028,64 \text{ kWp}$$

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	28 di 62

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m ²]	Energia [kWh]
Esposizione 1	7392	1,999.6	8,055,664.42

$E = E_n * (1-Disp) = 7234197.9 \text{ kWh}$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	284458.3	284458.3	0.0 %
Febbraio	363975.5	363975.5	0.0 %
Marzo	472008.3	472008.3	0.0 %
Aprile	687001.9	687001.9	0.0 %
Maggio	938195.7	938195.7	0.0 %
Giugno	860754.8	860754.8	0.0 %
Luglio	1039788.2	1039788.2	0.0 %
Agosto	935282.7	935282.7	0.0 %

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

– Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	29 di 62

Settembre	614496.4	614496.4	0.0 %
Ottobre	526320.4	526320.4	0.0 %
Novembre	279597.7	279597.7	0.0 %
Dicembre	232318.1	232318.1	0.0 %
Anno	7234197.9	7234197.9	0.0 %

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	30 di 62	

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Quadri elettrici

Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		31 di 62	

separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo C soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di V_{mpp} min. (500.0 V)

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	32 di 62

Tensione massima V_n a -2.00 °C (1277.0 V) inferiore a $V_{mpp\ max.}$ (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -2.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -2.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (27.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (111.9%) compreso tra 80.0% e il 130.0%

Campo D

Il generatore è composto da n° 2884 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	2884
Numero inverter:	5
Potenza nominale:	1000 kW
Potenza di picco:	1571.78 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00						Febbraio 2023	33 di 62		

Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
- Progetto definitivo -

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	34 di 62

- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima >= 90% al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 5 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW
Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A
Rendimento:	0.99

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	3	3	3	3	3	2	2	2	2
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	84	84	84	84	84	56	56	56	56

Inverter 2-3	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
--------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>- Progetto definitivo -</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00						Febbraio 2023	35 di 62		

Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	3	3	3	3	3	2	2	2	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	84	84	84	84	84	56	56	56	28

Inverter 4	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	3	3	2	2	2	2	2	2	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	84	84	56	56	56	56	56	56	28

Inverter 5	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	56	56	56	28

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 2.884 = 1.571,78 \text{ kWp}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	36 di 62

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m²]	Energia [kWh]
Esposizione 1	2884	1,999.6	3,142,929.68

$E = E_n * (1 - Disp) = 2822433.3 \text{ kWh}$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	110981.8	110981.8	0.0 %
Febbraio	142005.6	142005.6	0.0 %
Marzo	184154.7	184154.7	0.0 %
Aprile	268034.8	268034.8	0.0 %
Maggio	366038.5	366038.5	0.0 %
Giugno	335824.8	335824.8	0.0 %
Luglio	405674.9	405674.9	0.0 %
Agosto	364902.0	364902.0	0.0 %
Settembre	239746.7	239746.7	0.0 %
Ottobre	205344.7	205344.7	0.0 %
Novembre	109085.5	109085.5	0.0 %

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>											
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI											
Rev:						Data:			Foglio		
00						Febbraio 2023			37 di 62		

Dicembre	90639.3	90639.3	0.0 %
Anno	2822433.3	2822433.3	0.0 %

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	38 di 62	

Quadri elettrici

□ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

□ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	39 di 62

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo D soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di $V_{mpp\ min.}$ (500.0 V)

Tensione massima V_n a -5.00 °C (1277.0 V) inferiore a $V_{mpp\ max.}$ (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (41.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (157.2%) compreso tra 80.0% e il 160.0%

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	40 di 62

Campo E

Il generatore è composto da n° 21644 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	21644
Numero inverter:	50
Potenza nominale:	10000 kW
Potenza di picco:	11795.98 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		41 di 62	

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima $\geq 90\%$ al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 50 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:		Foglio	
00										Febbraio 2023		42 di 62	

Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A
Rendimento:	0.99

Inverter 1-23	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	56	56	28	28

Inverter 24-50	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	56	28	28	28

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	43 di 62

$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 21.644 = 11.795,98 \text{ kWp}$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m²]	Energia [kWh]
Esposizione 1	21644	1,999.6	23,587,229.53

$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 21181950.6 \text{ kWh}$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	832902.5	832902.5	0.0 %
Febbraio	1065731.3	1065731.3	0.0 %
Marzo	1382054.5	1382054.5	0.0 %
Aprile	2011562.4	2011562.4	0.0 %
Maggio	2747065.3	2747065.3	0.0 %
Giugno	2520316.1	2520316.1	0.0 %
Luglio	3044531.2	3044531.2	0.0 %

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	44 di 62

Agosto	2738536.2	2738536.2	0.0 %
Settembre	1799264.0	1799264.0	0.0 %
Ottobre	1541082.1	1541082.1	0.0 %
Novembre	818670.4	818670.4	0.0 %
Dicembre	680234.5	680234.5	0.0 %
Anno	21181950.6	21181950.6	0.0 %

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		45 di 62	

Quadri elettrici

□ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

□ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	46 di 62

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo D soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di V_{mpp} min. (500.0 V)

Tensione massima V_n a -5.00 °C (1277.0 V) inferiore a V_{mpp} max. (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (27.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (118.0%) compreso tra 80.0% e il 130.0%

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	47 di 62

Campo F

Il generatore è composto da n° 24248 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	24248
Numero inverter:	60
Potenza nominale:	12000 kW
Potenza di picco:	13215.16 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>									
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI									
Rev:					Data:			Foglio	
00							Febbraio 2023	48 di 62	

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima $\geq 90\%$ al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 60 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
- Progetto definitivo -

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:		Foglio	
00										Febbraio 2023		49 di 62	

Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A
Rendimento:	0.99

Inverter 1-24	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	28	28	28	28

Inverter 25-60	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	1	2	1	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	28	56	28	28

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	50 di 62

$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 24.248 = 13.215,16 \text{ kWp}$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m²]	Energia [kWh]
Esposizione 1	24248	1,999.6	26,425,020.4

$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 23730361.2 \text{ kWh}$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	933109.4	933109.4	0.0 %
Febbraio	1193950.0	1193950.0	0.0 %
Marzo	1548330.1	1548330.1	0.0 %
Aprile	2253574.4	2253574.4	0.0 %
Maggio	3077566.1	3077566.1	0.0 %
Giugno	2823536.6	2823536.6	0.0 %
Luglio	3410820.3	3410820.3	0.0 %

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	51 di 62

Agosto	3068010.8	3068010.8	0.0 %
Settembre	2015734.3	2015734.3	0.0 %
Ottobre	1726490.5	1726490.5	0.0 %
Novembre	917165.1	917165.1	0.0 %
Dicembre	762073.8	762073.8	0.0 %
Anno	23730361.2	23730361.2	0.0 %

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		52 di 62	

Quadri elettrici

□ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

□ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	53 di 62

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo D soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di $V_{mpp\ min.}$ (500.0 V)

Tensione massima V_n a -5.00 °C (1277.0 V) inferiore a $V_{mpp\ max.}$ (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (27.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (110.1%) compreso tra 80.0% e il 130.0%

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	54 di 62

Campo G

Il generatore è composto da n° 7952 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0.8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	7952
Numero inverter:	18
Potenza nominale:	3600 kW
Potenza di picco:	4333.84 kWp
Performance ratio:	89.8 %
DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	X-GROUP
Serie / Sigla:	Hi-MO LR5-72HBD
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	545 W
Rendimento:	21.3 %
Tensione nominale:	41.8 V
Tensione a vuoto:	49.7 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13.9 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1133 mm x 2256 mm
Peso:	32.3 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		55 di 62	

Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima $\geq 90\%$ al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 18 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000-215KTL-H0
Inseguitori:	9
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	200 kW
Potenza massima:	200 kW

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:		Foglio	
00										Febbraio 2023		56 di 62	

Potenza massima per inseguitore:	22.2 kW
Tensione nominale:	1080 V
Tensione massima:	1500 V
Tensione minima per inseguitore:	500 V
Tensione massima per inseguitore:	1500 V
Tensione nominale di uscita:	800 Vac
Corrente nominale:	270 A
Corrente massima:	450 A
Corrente massima per inseguitore:	50 A
Rendimento:	0.99

Inverter 1-4	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	56	28	28	28

Inverter 5-18	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4	MPPT 5	MPPT 6	MPPT 7	MPPT 8	MPPT 9
Moduli in serie:	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Stringhe in parallelo:	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Tensione di MPP (STC):	1,170.4 V								
Numero di moduli:	56	56	56	56	56	56	56	28	28

Dimensionamento

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 545 \text{ W} * 7.952 = 4.333,84 \text{ kWp}$$

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
 – Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	57 di 62

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m ²]	Energia [kWh]
Esposizione 1	7952	1,999.6	8,665,942.03

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 7782243.2 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0.0 %
Perdite per aumento di temperatura:	4.7 %
Perdite di mismatching:	2.0 %
Perdite in corrente continua:	1.5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	1.0 %
Perdite per conversione:	1.4 %
Perdite totali:	10.2 %

Tabella perdite per ombreggiamento

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	306008.2	306008.2	0.0 %
Febbraio	391549.4	391549.4	0.0 %
Marzo	507766.5	507766.5	0.0 %
Aprile	739047.5	739047.5	0.0 %
Maggio	1009271.1	1009271.1	0.0 %
Giugno	925963.5	925963.5	0.0 %
Luglio	1118560.0	1118560.0	0.0 %
Agosto	1006137.5	1006137.5	0.0 %

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	58 di 62

Settembre	661049.1	661049.1	0.0 %
Ottobre	566193.2	566193.2	0.0 %
Novembre	300779.3	300779.3	0.0 %
Dicembre	249918.0	249918.0	0.0 %
Anno	7782243.2	7782243.2	0.0 %

Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		59 di 62	

Quadri elettrici

□ Quadro di campo lato corrente continua

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

□ Quadro di parallelo lato corrente alternata

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica.

Separazione galvanica e messa a terra

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Progetto:
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
– Progetto definitivo –

Elaborato:
CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Rev:										Data:	Foglio
00										Febbraio 2023	60 di 62

Verifiche

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- 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.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Campo D soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70.00 °C (992.7 V) maggiore di V_{mpp} min. (500.0 V)

Tensione massima V_n a -5.00 °C (1277.0 V) inferiore a V_{mpp} max. (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500.0 V)

Tensione a vuoto V_o a -5.00 °C (1496.8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500.0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a I_{sc} (27.8 A) inferiore alla corrente massima inverter (50.0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (120.4%) compreso tra 80.0% e il 130.0%

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		61 di 62	

RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

1) Moduli fotovoltaici

- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici

- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

3) Progettazione fotovoltaica

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
-

4) Impianti elettrici e fotovoltaici

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>- Progetto definitivo -</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		62 di 62	

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;
- 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 EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): 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 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
- 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 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica

- CEI 0-16 : Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 39.52 MWp (34.2 MW + 20 MW IN IMMISSIONE) NEL COMUNE DI ASCOLI SATTIANO (FG) IN LOCALITÀ "MENDOLA", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI <i>– Progetto definitivo –</i>										
Elaborato: CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI										
Rev:							Data:		Foglio	
00							Febbraio 2023		63 di 62	

- imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrato delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.