

Località :

MASAINAS (SU)

Committente:

Utilizzatore:

COMUNE DI MASAINAS

Ditta Installatrice :

Progettista :

Dott. Ing. Omar Caboni
Dott. Ing. Matteo Ferrai
Dott. Arch. Federico Fadda

PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Firma Progettista

☐ P.F.T.E	li	15/06/2026	
☒ PROGETTO ESECUTIVO	li		
☐ DOCUMENTAZIONE FINALE DI PROGETTO	li		
☐	li		

Lavoro : _____

Oggetto : Relazione Specialistica Opere

Ex Scuola Media

Commessa : IE26075

Scala : /

Tecnico : /

Elaborato : **02D**

File : _____

Rev.	Data	Descrizione	Approvato
1			
2			
3			
4			

Progetto
ESECUTIVO



EL.Doc.02D

pag. 1/24

SOMMARIO

1	DATI GENERALI DELL'IMPIANTO	2
2	SITO DI INSTALLAZIONE	2
3	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO	2
4	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	3
4.1	EMISSIONI	3
4.2	RADIAZIONE SOLARE	4
4.3	ESPOSIZIONI	4
4.4	ATTIVAZIONE A SEZIONI	5
4.4.1	GRUPPO DI CONVERSIONE	6
4.4.2	DIMENSIONAMENTO	7
4.4.3	DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	8
4.4.4	COMPATIBILITÀ CON ALTRI IMPIANTI ELETTRICI DELL'EDIFICIO	9
4.4.5	MODULI FOTOVOLTAICI	10
4.4.6	CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	10
4.4.7	GRUPPI DI CONVERSIONE	11
5	CAVI ELETTRICI E CABLAGGI	11
6	CADUTA DI TENSIONE LINEA INVERTER - CONTATORE DI PRODUZIONE E-DISTRIBUZIONE	13
7	PROTEZIONI	14
8	VALUTAZIONE DELLE PERDITE DEL BOS	14
9	SCHEMA UNIFILARE TIPO	15
10	QUADRI ELETTRICI	15
11	SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA	16
12	SISTEMI DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)	17
13	CARATTERISTICHE RIASSUNTIVE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	17
14	RIFERIMENTI NORMATIVI	19
14.1	VERIFICHE	23
15	CONCLUSIONI	23



1 DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

La presente relazione illustrativa descrive le caratteristiche tecniche, costruttive e prestazionali relative al progetto di installazione di un impianto solare fotovoltaico, dotato di sistema di accumulo energetico (BESS), a servizio di uno stabile di proprietà del Comune di Masainas presso lo stabile dell'**Ex Scuola Media** in **Via Aldo Moro snc**. L'intervento è finalizzato alla riqualificazione energetica dell'edificio, all'abbattimento dei costi di approvvigionamento elettrico tramite l'autoconsumo e alla riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera.

2 SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto solare fotovoltaico è da realizzare presso la via ALDO MORO SNC ed il sito presenta le seguenti caratteristiche:

dati relativi alla località di installazione	
Località:	Masainas 09010
Latitudine:	39°2'40.86"N
Longitudine:	8°37'54.68"E
Altitudine:	57 m
Fonte dati climatici:	UNI 10349

3 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO

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 10349-1:2016. 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.

4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

La produzione fotovoltaica è affidata a n° 1 generatori fotovoltaici. La **potenza di picco** è di **9 kWp** per una produzione di 12.254 kWh annui distribuiti su una superficie di 170 m², inoltre verrà installata una batteria di accumulo per una capacità di 25kWh. Modalità di connessione alla rete Monofase/Trifase in Bassa tensione con tensione di fornitura 230/400 V.

4.1 EMISSIONI

L'impianto riduce le emissioni inquinanti in atmosfera secondo la seguente tabella che illustra la riduzione annuale delle principali emissioni inquinanti e dei consumi di fonti primarie, calcolata sulla base della produzione stimata di 12.254 kWh/anno e utilizzando i fattori di conversione standard per il mix elettrico italiano (ISPRA).

Inquinante / Risorsa Evitata	Fattore di Conversione	Risparmio Annuo Stimato
Anidride Carbonica (CO2)	0,33 kg / kWh	4.306 kg (4,30 tonnellate)
Ossidi di Azoto (NOx)	0,0011 kg / kWh	14,35 kg
Anidride Solforosa (SO2)	0,0009 kg / kWh	11,74 kg
Particolato (PM10)	0,0001 kg / kWh	1,30 kg
Barili di Petrolio Equivalenti (TEP)	0,187 x 10 ⁻³ TEP / kWh	2,44TEP
Alberi equivalenti piantati	~20 kg CO2 / albero	~215 alberi



4.2 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 Masainas. Considerando i dati di irraggiamento solare specifici per il Comune di Masainas (dati PVGIS) e applicando un Performance Ratio (PR) conservativo dell'80% per tenere conto delle perdite di sistema, si stima una produzione annua di circa **12.254 kWh**.

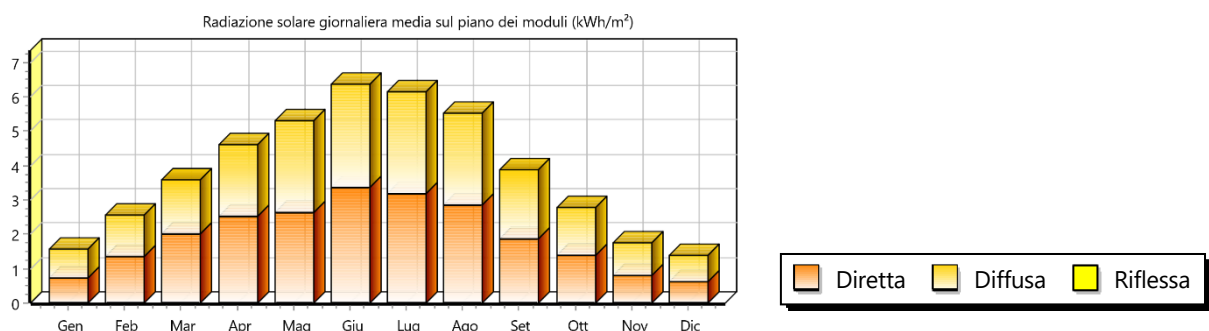
TABELLA PRODUZIONE ENERGIA

Mese	Irraggiamento medio [kWh/mq]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	75	580
Febbraio	95	760
Marzo	135	1080
Aprile	165	1300
Maggio	205	1480
Giugno	225	1580
Luglio	240	1660
Agosto	220	1480
Settembre	175	1220
Ottobre	125	900
Novembre	85	540
Dicembre	70	470

4.3 ESPOSIZIONI

L'impianto fotovoltaico è composto da n°01 generatore, distribuito sulle seguenti esposizioni:

SUD / Sud-Est / Sud-Ovest





4.4 ATTIVAZIONE A SEZIONI

L'attivazione dell'impianto fotovoltaico avviene tramite suddivisione in sezioni.

Il generatore è composto da n° 18 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:	18
Numero inverter:	1
Potenza nominale:	10.00 kW
Potenza di picco:	9,00 kWp
Performance ratio:	79,8 %

Dati costruttivi dei moduli	
Costruttore:	VISSMANN
Serie / Sigla:	
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	500 Wp
Rendimento:	22,0 %
Tensione nominale:	31,9 V
Tensione a vuoto:	38,5 V
Corrente nominale:	13,5 A
Corrente di corto circuito:	14,2 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 1961 mm
Peso:	27 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.



4.4.1 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.



4.4.2 DIMENSIONAMENTO

Dal punto di vista energetico, il principio fondamentale per il corretto dimensionamento di un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile. Occorre pertanto orientare i pannelli il più possibile verso sud ed evitare aree soggette ad ombreggiamenti derivanti dalla presenza di alberi, edifici e ostacoli in genere.

Una corretta analisi di producibilità di lungo periodo non può prescindere da considerazioni sulla fisiologica perdita di efficienza dei moduli nel tempo. Tale valore dipende dalla tipologia di pannelli ed è pari allo 0,9% circa annuo. I moduli fotovoltaici considerati presentano, infatti, garanzia di efficienza, per un periodo di 25 anni, non inferiore allo 80% dell'efficienza nominale "a nuovo". Questa importante considerazione implica che l'energia producibile subirà una leggera diminuzione nel tempo.

Essendo l'impianto di potenza inferiore a 50 kWp sono inoltre rispettate le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$$

dove:

P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$;

P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I è l'irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;

I_{STC} pari a $1000 W/m^2$ è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione sarà verificata per $I > 600 W/m^2$.

$$P_{ca} > 0.9 * P_{cc}$$

dove:

P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del $\pm 2\%$;

Tale condizione è verificata per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione.



La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ} \text{ moduli} = 500 \text{ Wp} * 18 = 9 \text{ kWp}$$

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

Perdite per ombreggiamento:	2,2 %
Perdite per aumento di temperatura:	4,0 %
Perdite di <i>mismatching</i> :	0,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	11,2 %
Perdite per conversione:	2,6 %
Perdite totali:	20,0 %

4.4.3 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

L' impianto fotovoltaico è composto da 18 moduli della potenza di 500 Wp, Tipo Viessmann modello Vitovolt 300 M500 WT, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Tipo	Vitovolt 300 M500 WT
Potenza nominale P _n	0,500 kW
Numero di celle	108
Tensione alla P _{max} (V _{mpp})	38 V
Corrente alla P _{max} (I _{mpp})	12,8 A
Tensione a circuito aperto (V _{oc})	45,00 V
Corrente di corto circuito (I _{sc})	13,00 A
Tipo celle fotovoltaiche	mono
L x P x A (mm)	1961 x 1134 x 30

I moduli, suddivisi in 2 MPPT da 9+9 ciascuna, faranno capo a un inverter Viessmann Hybrid Inverter 10.0 F-3 di potenza nominale 10,00 kWp, attraverso l'interposizione di quadri di sottocampo. I parametri elettrici di ciascuna stringa, necessari per il dimensionamento degli impianti, e le caratteristiche tecniche degli inverter sono di seguito indicati.

Le connessioni in c.c. fra i moduli e i quadri di sottocampo posti in appositi alloggiamenti, saranno realizzate, con impiego delle seguenti tipologie di cavo:



- Cavi solari tipo Tecsun per le connessioni fra singole stringhe e la cassetta di interconnessione posta sottogronda. Detti cavi saranno alloggiati in tubo metallico esterno ancorato alla struttura.
- Cavi solari tipo Tecsun per il collegamento delle stringhe dalla cassetta sottogronda ai quadri di sottocampo alloggiati nel vano inverter. I cavi saranno posati in tubo PVC rigido sottotraccia.

In apposito spazio, nelle vicinanze del contatore esistente, saranno collocati:

- Inverter previsto in progetto, dotato di dispositivo di interfaccia, a norma CEI;
- Quadro di sottocampo cui si attestano le connessioni di stringa in c.c. atte a contenere gli interruttori di manovra sezionatori delle stringhe e gli scaricatori di protezione contro sovratensioni;
- Quadro in corrente alternata contenente interruttore magnetotermico-differenziale e gli scaricatori di sovratensione per la linea in uscita dall'inverter;
- Contatore per la misura dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico.

Il contatore bidirezionale per la misura dell'energia elettrica prelevata o ceduta alla rete E-distribuzione, sarà installato, nell'apposito vano realizzato/fornito in prossimità dell'utenza. Si prevede lo scambio dell'energia fra impianto fotovoltaico e rete esterna, al raggiungimento della capienza delle batterie di accumulo.

4.4.4 COMPATIBILITÀ CON ALTRI IMPIANTI ELETTRICI DELL'EDIFICIO

Il dimensionamento della linea di alimentazione del quadro generale dell'abitazione, la sua composizione con relativo cablaggio per la protezione di tutte le linee uscenti, l'impianto di terra per il collegamento delle masse, la rete di distribuzione interna agli utilizzatori e ogni altro sistema di protezione, di sicurezza o di emergenza è oggetto di specifico progetto, compatibile con quanto previsto dal presente elaborato, tenendo conto che:

- Il contributo alla corrente di corto circuito dell'impianto fotovoltaico;
- Ad un nuovo impianto di terra, diverso da quello generale esistente, sono collegate le masse dell'impianto fotovoltaico quali strutture metalliche delle apparecchiature in Classe I (inverter,

Progetto
ESECUTIVO



EL.Doc.02D

pag. 10/24

telai dei moduli FV, etc. ...), gli scaricatori di sovratensione dei quadri di sottocampo e dell'inverter.

- La struttura di sostegno dell'impianto fotovoltaico in copertura dovrà essere collegata a LPS qualora detta protezione risulti necessaria dalla valutazione del rischio in ottemperanza alla CEI EN 62305. Dovrà tenersi conto anche delle sovratensioni indotte da fulmine in prossimità della struttura che possono interferire con l'impianto.
- L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico è a cosfi 1. Il calcolo dell'energia reattiva necessaria al funzionamento dell'utenza e l'eventuale impianto di rifasamento dovrà tener conto della presenza del nuovo impianto fotovoltaico.

4.4.5 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici previsti in progetto sono del tipo Viessmann, mod. Vitovolt 300 M500 WT, in silicio monocristallino.

Segue la scheda con i dati di targa del singolo dei moduli.

Stringa	MPPT 1	MPPT 2
Pn stringa	4,500 kWp	4,500 kWp
Numero di moduli per stringa	9	9
Tensione V_{OC} @ -10°C	447,53 V	447,53 V
Tensione V_{MP} @ 25°C	342 V	342 V
Tensione V_{MP} @ 70°C	278,90 V	278,90 V
Corrente I_{MP} a 25°C	12,80 A	12,80 A

4.4.6 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

Potenza nominale PnG	9,00 kWp
Tensione alla massima potenza VmG a 15°C	356,02 V
Tensione alla massima potenza VmG a 25°C	342,00 V
Tensione alla massima potenza VmG a 70°C	278,90 V
Tensione Voc a -10°C	447,53 V
Corrente max del generatore PV	12,80 A+12,80 A
N° Moduli totale/ in serie	9 + 9
N° stringhe complessive	2



4.4.7 GRUPPI DI CONVERSIONE

I convertitori c.c./c.a. utilizzati sono idonei al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi applicabili. I valori di tensione e corrente di ingresso sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori di tensione e frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete. Il gruppo di conversione utilizzato è del tipo Viessmann, modello Hybrid Inverter 20.0G-3, dalla potenza nominale CA di 20,00 kW, le cui caratteristiche tecniche sono indicate nella seguente scheda tecnica.

Tipo	VISSMANN HYBRID INVERTER 10.0 F-3
Gamma tensione MPP	620-1000 V
Tensione max. entrata	1000 V
Corrente max in entrata	16 A
Potenza nominale in uscita	10,00 kW
Potenza massima AC	10,00 kW
Rendimento max:	98,20%
Rendimento Euro-eta:	97,50%
Tensione di rete / frequenza	380 V / 50 Hz
Dimensioni A x L x P (mm)	496 x 460 x 221
Peso (kg)	17
Misurazione isolamento DC	OK
Protezione inversione polarità	OK
Contributo alla corrente di CC	24,00 A
Classe di protezione	IP66

I dispositivi di interfaccia previsti dalla "GUIDA PER LE CONNESSIONI ALLA RETE ELETTRICA DI E-Distribuzione" sono installati all'interno degli inverter, e all'esterno dello stesso nei relativi casi previsti, come da certificazioni di conformità.

5 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

Progetto
ESECUTIVO



EL.Doc.02D

pag. 12/24

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.

I moduli del generatore fotovoltaico sono fra loro collegati con cavo in dotazione ai moduli, di sezione 4 mmq. La temperatura di riferimento per la verifica di portata dei cavi è di 70 °C. La serie di moduli costituenti la stringa è collegata al quadro di sottocampo installata nell'apposito vano mediante cavi solari posati in corrugato PVC ancorato alla struttura sotto i moduli. La canalizzazione fa capo ad una cassetta di interconnessione posta sottocopertura da cui ha origine il tratto di canalizzazione sottotraccia in tubo PVC diam. 32 mm.

Caratteristiche del cavo solare:

Casa costruttrice e tipo	Tecsun
Tensione di esercizio Uo/U	600/1000 Vca
Tensione di prova	3500 Vca
Temperatura di funzionamento	-40 °C + 125 °C
Sezione	4 mmq
Resistenza a 20 °C	3.97 Ohm/km



Colorazione

Rosso polo positivo - Nero polo negativo

La portata del cavo nella condizione di posa più gravosa è abbondantemente superiore alla massima corrente di corto circuito prevista. Il collegamento fra l'uscita in c.a. dagli inverter e il contatore per la misura dell'energia prodotta sono realizzati, nel rispetto delle disposizioni antifrode, con cavo bipolare schermato tipo FG70H2R 0,4/1 kV a neutro concentrico di sezione 2x4 mmq, posato in canale PVC.

I cavi sono a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di ≥ 3 kV.

6 CADUTA DI TENSIONE LINEA INVERTER - CONTATORE DI PRODUZIONE E-DISTRIBUZIONE

Il gruppo di conversione, il contatore di produzione e il quadro di CA sono collocati in apposito vano al piano terra dell'abitazione. La distanza tra l'uscita dell'inverter e il contatore di produzione è inferiore a **5 m**. Si è proceduto al calcolo della caduta di tensione tra inverter e contatore di produzione con la seguente formula semplificata, considerando una sezione di cavo pari a **6 mm²**:

$$\text{Caduta di tensione [V]} \quad \Delta V = K \times I_{\text{mpp}} \times L \times R / 1000$$

dove:

$$K = 1,732$$

$$I_{\text{mpp}} \text{ (Corrente di uscita massima dall'inverter)} = 14,5 \text{ A}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$R \text{ (Resistenza specifica dei cavi unificati)} = 3,78 \Omega/\text{m}$$

Il valore di R è stato ricavato dalla tabella UNEL 35023-70 per **cavi unipolari**. Con i suddetti dati è stata calcolata la caduta di tensione:

$$\text{Caduta di tensione [V]} \quad \Delta V = 0,475 \text{ V}$$

che rapportata alla corrente di uscita massima dall'inverter per fase (I_{mpp}) restituisce una caduta di tensione in percentuale pari a:

$$\Delta V\% = 0,125 \%$$



ampiamente al di sotto del limite del 4% consigliato in fase di progetto dalla Norma.

7 PROTEZIONI

Ciascuna stringa è dotata di un dispositivo di protezione (diodo di blocco), al fine di evitare che, in seguito ad ombreggiamento o guasto, una stringa divenga passiva, assorbendo e dissipando con danno la potenza elettrica generata dalle altre stringhe connesse in parallelo. Ogni modulo, come precedentemente riportato, è dotato di diodi di by-pass.

8 VALUTAZIONE DELLE PERDITE DEL BOS

Recentemente, Le perdite del sistema sono state valutate in funzione del sito di ubicazione dell'impianto e dell'architettura del sistema e sono state stimate intorno al 20%.

Tali perdite possono derivare da:

Effetti di riflessione: tiene conto della capacità riflettente delle superfici circostanti; nel caso in esame le superfici sono costituite prevalentemente da terreno naturale e cemento. Si stima perdita pari a 2,0%;

Ombreggiamento: l'ombreggiamento è pari allo 0% alle ore 12:00 del solstizio d'inverno, ovvero il 21 dicembre, con angolo di ombreggiamento di 28°. Si considera comunque una perdita dello 0,5%;

Temperatura: considerato il clima del sito di installazione, tali perdite sono stimate nell'ordine del 3%;

Perdite di cablaggio: la perdita di potenza complessiva e verificata, causata da cadute di tensione ed effetto Joule è stimabile intorno allo 0,5 %;

Effetto pollution. Deriva dalla maggiore o minore piovosità del sito di installazione. In considerazione della piovosità dell'area di Masainas, si è assunto un valore pari allo 0,50%.

Perdite per mismatch. Nel progetto è stata stimata una perdita per mismatch dello 3,25%, essendo le stringhe sono formate da moduli aventi stesse caratteristiche tecniche, di tilt e di azimuth.

Progetto
ESECUTIVO

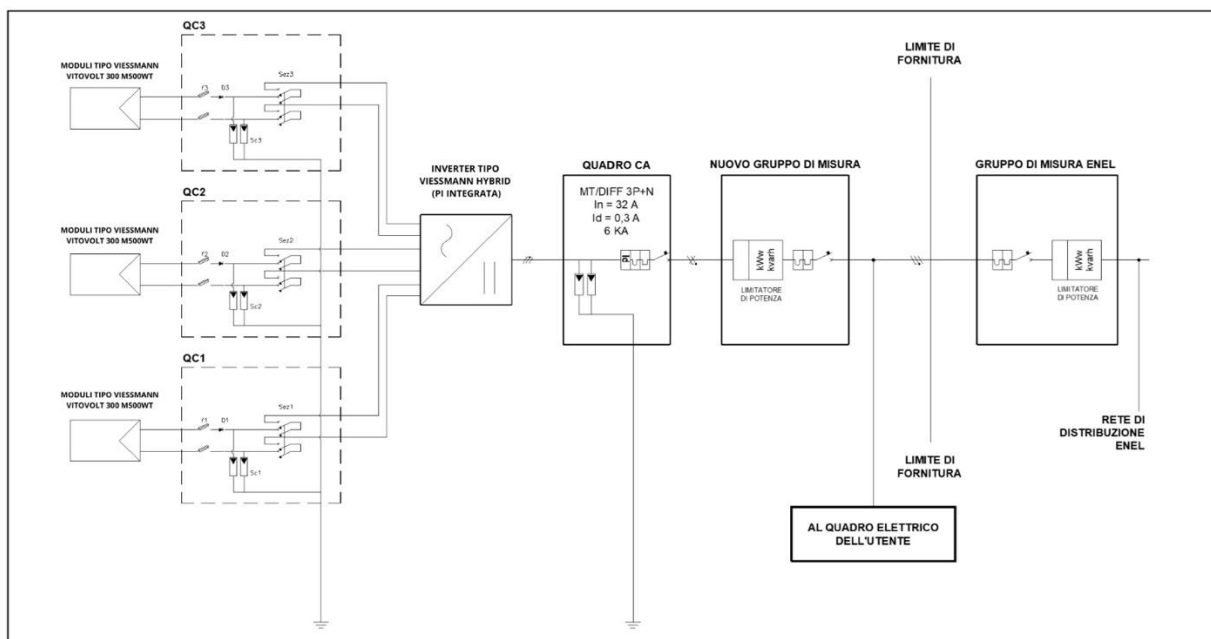


EL.Doc.02D

pag. 15/24

9 SCHEMA UNIFILARE TIPO

Nella figura seguente è riportato lo schema unificare tipo per l'installazione dell'impianto proposto. Per i dettagli puntuali dello schema di collegamento elettrico si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici allegati al progetto.



10 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.

Le linee in corrente continua provenienti dalle singole stringhe faranno capo a due appositi quadri posizionati nel vano inverter; questo è di tipo per montaggio a parete, con sportello frontale, grado di protezione IP65, a doppio isolamento in classe II, rispondenti alle norme di settore.

Progetto
ESECUTIVO



EL.Doc.02D

pag. 16/24

Quadri Stringa: 3, 4, 6 INGRESSI - 1, 2 MPPT

Numero Stringhe	Numero MPPT	Tensione max [V]	Potenza impianto [kW]	Interruttore DC	Protezione sovratensione DC	Codice Quadro	Dimensioni	Centralino IP65
3	1	1000	10	Int. Magnetotermico 4x32	SPD DC II	CHTSB3101	42x29x15	18
4	1	1000	20	Int. Magnetotermico 4x40	SPD DC II	CHTSB4101	31x44x15	24 (2x12)
6	1	1000	30	Int. Magnetotermico 4x63	SPD DC II	CHTSB6101	31x44x15	24 (2x12)
4	2	1000	20	Int. Magnetotermico 2x(4x25)	SPD DC II	CHTSB4102	42x44x15	36 (2x18)
6	2	1000	30	Int. Magnetotermico 2x(4x32)	SPD DC II	CHTSB6102	42x44x15	36 (2x18)
3	1	1000	10	Sezionatore 4x32	SPD DC II	CHTSB3101S	42x29x15	18
4	2	1000	20	Sezionatore 2x(4x32)	SPD DC II	CHTSB4102S	42x44x15	36 (2x18)
6	2	1000	30	Sezionatore 2x(4x32)	SPD DC II	CHTSB6102S	42x44x15	36 (2x18)

QUADRO DI PARALLELO LATO CORRENTE ALTERNATA

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di 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 E-Distribuzione SpA.

11 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.

Progetto
ESECUTIVO



EL.Doc.02D

pag. 17/24

12 SISTEMI 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.

13 CARATTERISTICHE RIASSUNTIVE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nella tabella seguente sono riassunti i dati principali dell'impianto solare fotovoltaico:

Dati Generali	Identificativo Impianto Soggetto responsabile impianto Ubicazione Impianto (indirizzo) Latitudine Longitudine Altitudine Inclinazione e orientazione piano dei moduli Percentuale annua d'ombra sui moduli Radiazione solare annua sul piano orizzontale Radiazione solare annua sul piano inclinato Temperatura ambiente media mensile Zona di vento Velocità giornaliera del vento (massima annua) Direzione prevalente del vento (media annua)	IT001E98433102 Comune di Masainas Località 39°54' N 9°31' E 57 30 / 64° W 0 1574 1702 fra 0° C e 30°C 1 4 m/sec -----
Generatore fotovoltaico – Valori max	Potenza nominale PnG Tensione alla massima potenza VmG a 15°C Tensione alla massima potenza VmG a 25°C Tensione alla massima potenza VmG a 70°C Tensione Voc a -10°C Corrente max del generatore PV N° Moduli totale/ in serie N° stringhe complessive	9,00 kWp 356,02 V 342,00 V 278,90 V 447,53 V 25,60 A 9+9 2
Moduli fotovoltaici	Tipo Potenza nominale Pn	Vitovolt 300 M500 WT 0,500 kW

Progetto
ESECUTIVO



EL.Doc.02D

pag. 18/24

	Numero di celle Tensione alla Pmax (Vmp) Corrente alla Pmax (Vmp) Tensione a circuito aperto (Voc) Corrente di corto circuito (Isc) Tipo celle fotovoltaiche Rendimento minimo L x P x A (mm)	108 38,00 V 12,80 A 45,00 V 13,00 A mono 22,58% 1961*1134*30																					
Stringhe	Stringa Pn stringa Numero di moduli per stringa Tensione V _{OC} @ -10°C Tensione V _{MP} @ 25°C Tensione V _{MP} @ 70°C Corrente I _{MP} a 25°C	<table> <tr> <th>MPPT 1</th><th>MPPT 2</th><th>MPPT 3</th></tr> <tr> <td>4,500 kWp</td><td>4,500 kWp</td><td>-</td></tr> <tr> <td>9</td><td>9</td><td>-</td></tr> <tr> <td>448 V</td><td>448 V</td><td>-</td></tr> <tr> <td>342 V</td><td>342 V</td><td>-</td></tr> <tr> <td>279 V</td><td>279 V</td><td>-</td></tr> <tr> <td>12,80 A</td><td>12,80 A</td><td>-</td></tr> </table>	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	4,500 kWp	4,500 kWp	-	9	9	-	448 V	448 V	-	342 V	342 V	-	279 V	279 V	-	12,80 A	12,80 A	-
MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3																					
4,500 kWp	4,500 kWp	-																					
9	9	-																					
448 V	448 V	-																					
342 V	342 V	-																					
279 V	279 V	-																					
12,80 A	12,80 A	-																					
Strutture di sostegno	Materiale Posizionamento Integrazione architettonica dei moduli	Struttura in acciaio zincato e alluminio TETTO falda Integrazione architettonica parziale																					
Inverter	Tipo Gamma tensione MPP Tensione max. entrata Corrente max in entrata Potenza nominale in uscita Potenza massima AC Rendimento max: Rendimento Euro-eta: Tensione di rete / frequenza Dimensioni A x L x P (mm) Peso (kg) Misurazione isolamento DC Protezione inversione polarità Contributo alla corrente di CC Classe di protezione	Viessmann Hybrid Inverter 10.0 F-3 620-1000 V 1000 V 16 A 10,00 kW 10,00 kW 98,2% 97,5% 380 V / 50 Hz 496*460*221 25 OK OK 24,00 A IP66																					
Prestazioni energetiche	Energia elettrica annua producibile:	12 254 kWh																					



14 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 IEC 61215-1 (CEI 82-58): Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo; - Parte 1: Prescrizioni per le prove
- CEI EN IEC 61215-2 (CEI 82-61): Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo; - Parte 2: Procedure di prova
- 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 IEC 60904-1 (CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche corrente-tensione
- CEI EN IEC 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizioni per i dispositivi fotovoltaici di riferimento
- CEI EN IEC 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento
- CEI EN IEC 60904-4 (CEI 82-32): Dispositivi fotovoltaici – Parte 4: Dispositivi di riferimento fotovoltaici - Procedure per stabilire la tracciabilità della taratura
- CEI EN IEC 60904-5 (CEI 82-10): Dispositivi fotovoltaici – Parte 5: Determinazione della temperatura equivalente di cella (ECT) di dispositivi fotovoltaici con il metodo della tensione a circuito aperto
- CEI EN IEC 60904-7 (CEI 82-13): Dispositivi fotovoltaici – Parte 7: Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici
- CEI EN IEC 60904-8 (CEI 82-19): Dispositivi fotovoltaici – Parte 8: Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico (FV)
- CEI EN IEC 60904-9 (CEI 82-29): Dispositivi fotovoltaici – Parte 9: Classificazione



delle caratteristiche dei simulatori solari

- CEI EN IEC 60904-10 (CEI 82-36): Dispositivi fotovoltaici – Parte 10: Metodi di misura della dipendenza lineare e della linearità
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici

- CEI EN IEC 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 dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530/A1 (CEI 82-35;V1) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- CEI EN 62116 (CEI 82-41) Procedura di prova delle misure di prevenzione dell'isola elettrica per inverter di sistemi FV interagenti con la rete pubblica

3) Progettazione fotovoltaica

- CEI 82-25/1 (CEI 82-25): Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica - Parte 1: Generalità - Acronimi, Definizioni e Principali Leggi, Deliberazioni e Norme
- 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

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 62446-1 (CEI 82-46): Sistemi fotovoltaici (FV) - Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione Parte 1: Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica - Documentazione, prove di accettazione e verifica ispettiva
- CEI EN 62446-2 (CEI 82-84): Sistemi fotovoltaici (FV) - Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione Parte 2: Sistemi collegati alla rete elettrica - Manutenzione di sistemi fotovoltaici

Progetto

EL.Doc.02D

ESECUTIVO



pag. 21/24

- CEI 64-8 Ed. 2024: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-145) 2019: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI EN IEC 60445 (CEI 16-2): Principi fondamentali e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, la marcatura e l'identificazione - Identificazione dei morsetti delle apparecchiature, delle estremità dei conduttori e dei conduttori;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN CEI EN IEC 61000-3-2 (CEI 110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI EN IEC 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 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 62305-1 (CEI 81-10/1): Protezione contro i fulmini, Parte 1: Principi generali
- CEI 81-3;Ab: Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 61439-3 (CEI 17-116): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)
- CEI EN 50525-1/A1 (CEI 20-107) Cavi elettrici - Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente



alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2020: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione;
- CEI UNEL 35024/1 2020: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

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 imprese distributrici di energia elettrica;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrati 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.



14.1 VERIFICHE

Lo 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.

15 CONCLUSIONI

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico da **9 kWp** con **25 kWh** di accumulo per lo stabile del Comune di Masainas risulta tecnicamente fattibile e rappresenta un investimento strategico e sostenibile. Il dimensionamento proposto permette all'Amministrazione Comunale di ridurre drasticamente il prelievo di energia elettrica dalla rete, abbattendo i costi di gestione della struttura e offrendo al contempo un contributo concreto e misurabile (oltre **4,3 tonnellate di CO2** evitate all'anno) alla tutela dell'ambiente e alla transizione energetica del territorio. 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



EL.Doc.02D

pag. 24/24

- 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.