

# Comune di Loiri Porto San Paolo

Via Dante n.28- 07020 Loiri Porto San Paolo (SS)

Affidamento in concessione del Servizio Energia e gestione integrata degli impianti termici e di condizionamento, elettrici, degli impianti idrico sanitari e fotovoltaici degli edifici, nonché dell'impianto di illuminazione pubblica del Comune di Loiri Porto San Paolo attraverso un Partenariato Pubblico Privato (PPP)



Comune di Loiri Porto San Paolo



## PROGETTO ESECUTIVO

### ED-04-ESE-RT-FTV

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

ED.04-ISTITUTO COMPRENSIVO LOIRI



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
1.1	<i>Normativa di riferimento.....</i>	<i>1</i>
<b>2</b>	<b>IMPIANTI ELETTRICI .....</b>	<b>6</b>
2.1	<i>Analisi dei consumi elettrici del comparto .....</i>	<i>7</i>
<b>3</b>	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>7</b>
3.1	<i>Criteri utilizzati per le scelte progettuali .....</i>	<i>8</i>
3.1.1	Aspetti Energetici.....	8
3.1.2	Aspetti impiantistici e di sicurezza.....	9
3.2	<i>Dati di progetto e caratteristiche componenti di impianto .....</i>	<i>9</i>
3.2.1	Dati di progetto .....	9
3.2.2	Descrizione dell'impianto fotovoltaico .....	10
3.2.3	Generatore fotovoltaico.....	11
3.2.4	Gruppo di conversione DC/AC.....	11
3.2.5	Sistema di interfaccia di rete.....	13
3.2.6	Quadri elettrici in corrente continua .....	13
3.3	<i>Criteri di scelta e dimensionamento dei componenti principali: moduli, inverter e quadri elettrici .....</i>	<i>13</i>
3.3.1	Moduli fotovoltaici .....	13
3.3.2	Inverter .....	15
3.3.3	Quadri elettrici .....	15
3.3.4	Protezione dai sovraccarichi .....	16
3.3.5	Protezione contro i contatti indiretti .....	16
3.3.6	Protezione contro i contatti diretti.....	16
3.3.7	Correnti massime di corto circuito.....	16
3.3.8	Verifica cadute di tensione .....	17
3.3.9	Calcolo dell'impianto elettrico.....	17
3.3.10	Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini.....	18
3.4	<i>Risultati principali di calcolo.....</i>	<i>18</i>
3.4.1	Verifica del corretto accoppiamento elettrico tra il generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione DC/AC. ....	18
3.5	<i>Verifica della rispondenza alle norme in materia di prevenzione del rischio incendio</i>	<i>20</i>
3.5.1	Termini e definizioni.....	20
3.5.2	Classificazione.....	21
3.5.3	Disposizioni generali.....	21
3.5.4	Requisiti tecnici.....	21
3.5.5	Documentazione.....	22
3.5.6	Verifiche .....	22
3.5.7	Segnaletica di sicurezza .....	22
3.6	<i>Verifiche energetiche .....</i>	<i>23</i>

## 1 PREMESSA

La presente relazione costituisce parte integrante del progetto esecutivo relativo agli interventi di **riqualificazione tecnologica** ed **efficientamento energetico** previsti all'interno del progetto definitivo presentato in gara e coerenti con quanto previsto nel progetto di fattibilità tecnico-economica posto a base della proposta adottata dal Comune di Loiri Porto San Paolo.

Nella presente relazione vengono descritte le scelte e le soluzioni esecutive relative all'impianto fotovoltaico da installare nella copertura dell'edificio in oggetto nonché il relativo interfacciamento con gli impianti elettrici esistenti nel fabbricato per lo scambio dell'energia prodotta.

### 1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le caratteristiche degli impianti e dei loro componenti devono corrispondere alle norme di Legge e di regolamento vigenti. Poiché gli ambienti si configurano come luoghi di lavoro, saranno seguite ove applicabili, le prescrizioni del decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81. Si riporta di seguito la normativa di riferimento di cui si è tenuto conto nella redazione del presente progetto:

#### Criteri di progetto e documentazione

- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

#### Sicurezza elettrica

- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems CEI EN 60529 (70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP)
- Norme fotovoltaiche
- IEC/TS 61836 Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols CEI EN 50380 (82-22) Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
- CEI EN 60891 (82-5) Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento
- CEI EN 60904-1 (82-1) Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- CEI EN 60904-2 (82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle solari di riferimento
- CEI EN 60904-3 (82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
- CEI EN 61173 (82-4) Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida
- CEI EN 61215 (82-8) Moduli fotovoltaici in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- CEI EN 61646 (82-12) Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo
- CEI EN 61277 (82-17) Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- CEI EN 61345 (82-14) Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61701 (82-18) Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61724 (82-15) Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo

scambio e l'analisi dei dati

- CEI EN 61727 (82-9) Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI EN 61829 (82-16) Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
- CEI EN 61683 (82-20) Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza
- CEI EN 62093 (82-24) Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali

#### **Quadri elettrici**

- CEI EN 61439-1 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali
- CEI EN 61439-2 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di potenza
- CEI EN 61439-3 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)
- Guida CEI 17-97/1 Apparecchiature a bassa tensione – Dispositivi di protezione contro le sovracorrenti – Parte 1: Applicazione delle caratteristiche nominali di cortocircuito.
- Guida CEI 121/5 - Guida alla normativa applicabile ai quadri elettrici di bassa tensione e riferimenti legislativi.

#### **Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti**

- CEI 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione su impianti elettrici di Categoria II e III in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
- 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 EN 50110-1 (11-48) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50160 (110-22) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica

#### **Cavi, cavidotti e accessori**

- CEI 20-19/1 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-19/4 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi flessibili
- CEI 20-19/9 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi unipolari senza guaina, per installazione fissa, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi
- CEI 20-19/10 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 10: Cavi flessibili isolati in EPR e sotto guaina di poliuretano
- CEI 20-19/11 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 11: Cavi flessibili con isolamento in EVA
- CEI 20-19/12 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili isolati in EPR resistenti al calore
- CEI 20-19/13 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 470/750 V – Parte 13: Cavi unipolari e multipolari, con isolante e guaina in miscela reticolata, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi
- CEI 20-19/14 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750V – Parte



#### 14: Cavi per applicazioni con requisiti di alta flessibilità

- CEI 20-19/16 Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 16: Cavi resistenti all'acqua sotto guaina di policloroprene o altro elastomero sintetico equivalente
- CEI 20-20/1 Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-20/3 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 3: Cavi senza guaina per posa fissa
- CEI 20-20/4 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi con guaina per posa fissa
- CEI 20-20/5 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 5: Cavi flessibili
- CEI 20-20/9 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi senza guaina per installazione a bassa temperatura
- CEI 20-20/12 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili resistenti al calore
- CEI 20-20/14 Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 14: Cavi flessibili con guaina e isolamento aventi mescole termoplastiche prive di alogeni
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati 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
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI EN 50086-1 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50086-2-1 (23-54) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- CEI EN 50086-2-2 (23-55) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
- CEI EN 50086-2-3 (23-56) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
- CEI EN 50086-2-4 (23-46) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- CEI EN 50262 (20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- CEI EN 60423 (23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- Guida CEI 64-50 - Edilizia ad uso residenziale e terziario: Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti di comunicazioni e impianti elettronici negli edifici - Criteri generali.

#### Conversione della potenza

- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI EN 60146-1-1 (22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali
- CEI EN 60146-1-3 (22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori

- CEI UNI EN 45510-2-4 Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza  
**Scariche atmosferiche e sovratensioni**
- CEI 81-30 Protezione contro i fulmini - Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di Ng (Norma CEI EN 62305-2)
- CEI 81-27 Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni all'arrivo della linea di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione
- CEI 81-2 Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini
- CEI EN 50164-1 (81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
- CEI EN 61643-11 (37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305-1 (81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2 (81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3 (81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4 (81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture  
**Dispositivi di potenza**
- CEI EN 60898-1 (23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN 60947-4-1 (17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori – Contattori e avviatori elettromeccanici  
**Compatibilità elettromagnetica**
- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC
- CEI EN 50082-1 (110-8) Compatibilità elettromagnetica – Norma generica sull'immunità – Parte 1: Ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 50263 (95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
- CEI EN 60555-1 (77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni
- CEI EN 61000-2-2 (110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- CEI EN 61000-2-4 (110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali
- CEI EN 61000-3-2 (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 61000-3-3 (110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – Sezione 3: Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale < 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione
- CEI EN 61000-3-12 (210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e ≤ 75 A per fase.
- CEI EN 61000-6-1 (210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 61000-6-2 (210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche – Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-3 (210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche -



Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera

- CEI EN 61000-6-4 (210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche  
**Energia solare**
- UNI 8477 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia radiante ricevuta
- UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici  
**Norme di Carattere generale**
- Legge n. 186/1968 - Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- Decreto 22 gennaio 2008, n. 37 – (sostituisce Legge 46/90) - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (G.U. n. 61 del 12-3-2008).
- Decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81 - Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Suppl. Ordinario n.108) – (sostituisce e abroga tra gli altri D. Lgs. 494/96, D.Lgs. n. 626/94, D.P.R. n. 547/55).
- UNI EN 12464-1 Luce e illuminazione – Illuminazione all'interno dei posti di lavoro – Parte 1: posti di lavoro in interni.
- D.M. 11 ottobre 2017 - Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.
- Nota Ministero dell'Interno Prot. n. 1324 del 07/02/2012 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici"

## 2 IMPIANTI ELETTRICI

Il complesso in oggetto risulta costituito da tre corpi di fabbrica costruiti in adiacenza, di cui uno adibito a palestra. Una porzione del complesso è caratterizzata da una copertura piana mentre l'altro da una copertura a due falde



Figura 1- Vista aerea dell'edificio

Il punto di consegna dell'energia elettrica è ubicato nella muratura esterna dell'ingresso dell'edificio lato via Dante Alighieri, dove si trova sia il punto di consegna del distributore sia il quadro che ospita la protezione del montante.

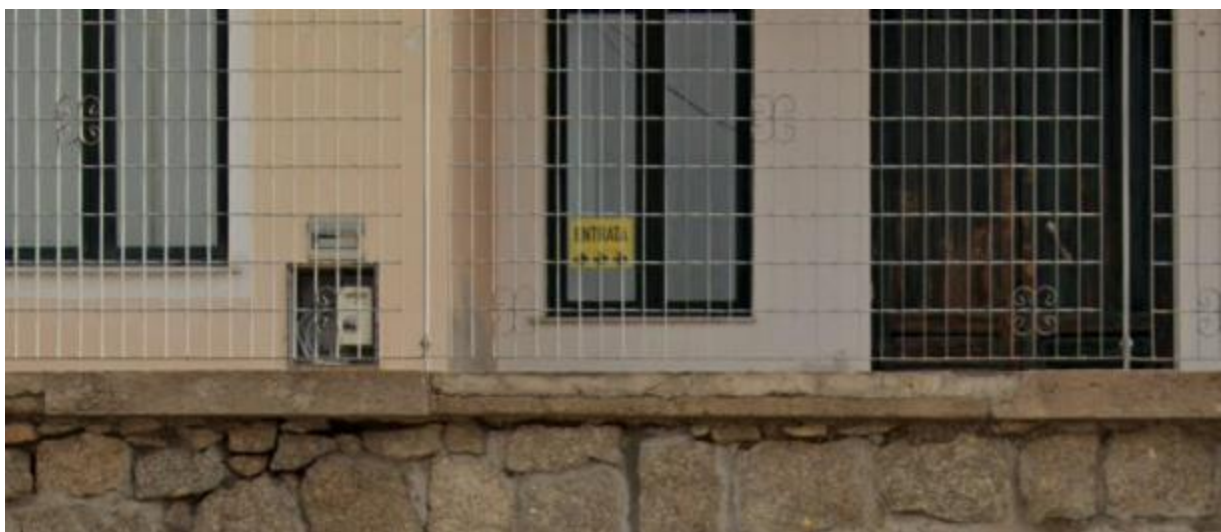


Figura 2 - Punto di Consegna

Immediatamente a valle del punto di consegna ed in particolare entro i tre metri, risulta ubicato l'avvanquadro da cui è alimentato il quadro generale dell'edificio ubicato nel corridoio principale. Dal quadro



generale sono alimentate le linee che servono la Palestra ed il locale caldaia oltre alle utenze scolastiche.



Figura 3 - Quadro Generale



Figura 4 - Quadro Palestra



Figura 5 - Quadro Locale Caldaia

## 2.1 ANALISI DEI CONSUMI ELETTRICI DEL COMPARTO

La valutazione della potenza da assegnare all'impianto è stata fatta a partire dai consumi registrati riportati nella tabella che segue.

ENERGIA PRELEVATA DALLA RETE					
ENERGIA ATTIVA	POD IT001E98766496	POTENZA IMPEGNATA 15 kW 230 V			
ANNO	MESE	F1	F2	F3	TOTALE [kWh]
2020	GEN	2.051	552	668	3.271
	FEB	1.436	430	412	2.278
	MAR	1.183	430	698	2.311
	APR	754	289	630	1.673
	MAG	663	378	694	1.736
	GIU	833	497	579	1.910
	LUG	1.148	404	543	2.096
	AGO	773	336	461	1.570
	SET	990	324	527	1.840
	OTT	1.519	397	464	2.380
	NOV	1.239	336	575	2.150
	DIC	1.735	277	449	2.460
		14.323	4.650	6.701	25.674

Figura 6 - Energia prelevata dalla rete

## 3 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Sulla base di quanto analizzato in precedenza il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico da ubicare nella porzione piana della copertura dell'edificio in prossimità alla posizione in cui sarà ubicata, a terra, la nuova pompa di calore. L'impianto sarà costituito da 12 pannelli fotovoltaici monocristallini aventi potenza unitaria di 415 Wp per un totale installato di 4,98 kWp.

I pannelli saranno posizionati sulla copertura piana mediante l'utilizzo di zavorre in calcestruzzo (ballast) preformate in modo da consentire il posizionamento diretto dei pannelli con una pendenza di 5° rispetto all'orizzontale.

L'impianto progettato risulta costituito da 1 stringa collegata a uno dei MPPT del gruppo di conversione trifase DC/AC avente potenza massima in uscita pari a 5 kW. Al fine di consentire il monitoraggio e l'ottimizzazione dell'energia prodotta i pannelli sono collegati all'inverter con l'interposizione di

ottimizzatori.

L'inverter sarà ubicato nel locale che attualmente ospita la centrale termica (ove sarà rimossa la caldaia) unitamente ai quadri in DC e all'contatore di produzione (M2). L'ingresso dei cavi nella sottocentrale termica può avvenire mediante l'attuale camino.

Il parallelo con la rete verrà realizzato a mezzo di un nuovo quadro da ubicare nei pressi del punto di consegna ove sarà inserito l'interruttore generale dell'edificio secondo quanto rappresentato negli schemi allegati al presente progetto.



Figura 7 - Vista area dell'edificio co il posizionamento del nuovo impianto

### 3.1 CRITERI UTILIZZATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

I criteri utilizzati nel dimensionamento delle singole componenti del presente impianto fotovoltaico si basano in generale su aspetti energetici, impiantistici, di sicurezza e architettonici - strutturali.

#### 3.1.1 Aspetti Energetici

Il dimensionamento dell'impianto è effettuato in riferimento all'orientamento del campo in modo da massimizzare la producibilità annuale e determinando il numero di moduli e quindi la potenza di picco dell'intero impianto in relazione ai consumi totali ed alla relativa distribuzione giornaliera, mensile ed annuale in funzione degli apparati utilizzatori presenti in modo da massimizzare l'autoconsumo.

L'esposizione ottimale, che garantisce la massima produzione energetica annuale, si ottiene con moduli orientati a Sud e inclinati rispetto al piano orizzontale leggermente meno rispetto al valore della latitudine del sito di installazione. In progetto possono essere effettuate scelte differenti rispetto a quella ottimale in funzione del profilo di utilizzo e soprattutto della presenza di vincoli di natura architettonica. In ogni caso è preferibile che tutti i moduli fotovoltaici abbiano la medesima esposizione al fine di evitare perdite di mismatching, in assenza di opportune soluzioni impiantistiche.

L'intero campo fotovoltaico presenta un'unica esposizione (angolo di tilt, e angolo di azimuth uguale per tutti i moduli fotovoltaici):

- Azimuth = 47 °
- Tilt = 5°

Inoltre, al fine di ridurre le perdite di energia sul generatore fotovoltaico e massimizzare la produzione di energia, sono state fatte le seguenti scelte progettuali:

- I moduli sono posizionati direttamente sulla struttura senza interporre alcuna superficie in modo da massimizzare la circolazione naturale dell'aria e limitare il surriscaldamento dei moduli;
- i moduli appartenenti alla medesima stringa sono caratterizzati da caratteristiche elettriche (corrente di cortocircuito e corrente alla massima potenza) uguali tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching corrente.
- le caratteristiche elettriche delle stringhe (tensione a vuoto e tensione alla massima potenza) facenti parte del campo fotovoltaico progettato sono, per quanto possibile, simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching di tensione.
- La scelta della tensione del generatore fotovoltaico è stata fatta in modo da ridurre le correnti in gioco e quindi le perdite di potenza per effetto Joule.
- Tra i pannelli e l'inverter sono interposti ottimizzatori.

### 3.1.2 Aspetti impiantistici e di sicurezza

L'impianto sarà connesso alla rete di elettrica di distribuzione pubblica e erogherà l'energia prodotta alla tensione trifase alternata di 400 V, con frequenza 50 Hz. La consegna avverrà come descritto in precedenza mediante la realizzazione di un nuovo quadro in BT presso punto di consegna ove verrà posizionato l'interruttore di scambio dell'impianto FTV oltre all'interruttore generale dell'edificio (riposizionamento dell'interruttore esistente).

Al fine di salvaguardare la qualità del servizio elettrico ed evitare pericoli per le persone e danni per le apparecchiature, l'impianto in progetto sarà dotato di un sistema di protezione di interfaccia (SPI – integrato nell'inverter) per il collegamento alla rete. La scelta del SPI e del sistema atto ad evitare l'immissione di correnti continue in rete verrà fatta in conformità alla normativa sulla connessione degli utenti attivi alla rete di bassa tensione CEI 0-21.

La tensione del generatore fotovoltaico (tensione DC) è stata scelta in base al tipo di moduli e di inverter che si prevede verranno utilizzati. In particolare, poiché la tensione DC è influenzata dalla temperatura delle celle e dall'irraggiamento solare, per un corretto accoppiamento tra generatore fotovoltaico e gruppo di conversione, la tensione del generatore fotovoltaico è stata scelta in modo che le sue variazioni siano sempre contenute all'interno dei limiti di tensione ammessi dagli inverter.

Inoltre, si è scelta una tensione che risulta sempre inferiore a quella del modulo fotovoltaico. Il valore massimo della tensione DC si ha in condizioni di alto irraggiamento solare, bassa temperatura di cella e in condizioni di circuito aperto.

Essendo l'impianto in oggetto collegato ad una rete in BT, la tensione DC non dovrà mai superare 1000 V sia per non incorrere nelle prescrizioni del D.lgs. 81/2008, relativamente all'alta tensione, sia per facilitare la reperibilità sul mercato e l'economicità della componentistica elettrica che verrà utilizzata.

## 3.2 DATI DI PROGETTO E CARATTERISTICHE COMPONENTI DI IMPIANTO

### 3.2.1 Dati di progetto

Si riportano di seguito i principali dati relativi al sito di installazione dell'impianto progettato.

Sito d'installazione	
Località	Loiri Porto San Paolo (Olbia)
Indirizzo	Via Dante
Vincoli	nessuno
Latitudine	40,843
Longitudine	9,500
Altitudine	80 metri
Temperatura massima (moduli)	70 °C
Temperatura minima (moduli)	-10 °C

Irraggiamento globale sul piano dei moduli	1,61 MWh/m <sup>2</sup>
Dati di irraggiamento	UNI 10349
Albedo	20%
Dati relativi al vento e al carico di neve	Da DM 16 Gennaio 1996 e successive modifiche ed integrazioni

L'impianto fotovoltaico verrà collegato all'impianto del soggetto utilizzatore avente le seguenti caratteristiche:

Fornitura elettrica	
Gestore di rete	
Fornitura	BT
Tipologia	Trifase
Tensione di alimentazione	380 V
Potenza contrattuale	15 kW
Consumo annuo medio	25.7 MWh

### 3.2.2 Descrizione dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico previsto in progetto ha potenza nominale complessiva pari a circa pari a 4,98 kWp. Secondo lo schema riportato nelle tavole di progetto si compone dei seguenti organi principali:

- Il generatore Fotovoltaico costituito da 1 stringa composta da 12 pannelli in serie connessi tramite ottimizzatori di potenza;
- Un gruppo di conversione DC/AC collegato alla stringa in progetto;
- Quadro DDC contenenti gli organi di protezione e manovra in DC;

L'impianto è collegato alla rete mediante l'interruttore di scambio ubicato in nuovo quadro nei pressi del punto di consegna. Negli schemi elettrici sono riportati i dettagli.

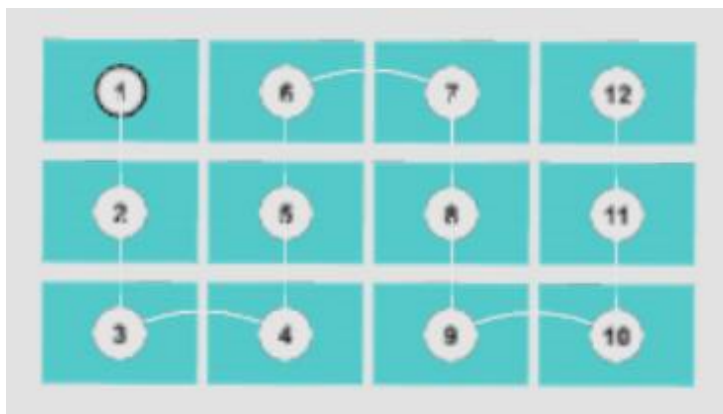


Figura 8 - Schema cablaggio moduli





### 3.2.3 Generatore fotovoltaico

Il generatore è costituito dai moduli fotovoltaici connessi in serie per la formazione delle stringhe le cui caratteristiche sono riportate di seguito e dalle strutture di supporto dei moduli.

Caratteristiche elettriche del Generatore fotovoltaico 1	
Potenza nominale	4,98 kWp
Numero moduli fotovoltaici	12
Superficie captante	22,2 m <sup>2</sup>
Numero di stringhe	<u>1</u>
Tilt, Azimuth	5°, 47°

### 3.2.4 Gruppo di conversione DC/AC

Il gruppo di conversione dell'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 1 inverter trifase tipo HUAWEI SUN2000-5-KTL-M1. L'inverter sarà costituito da un ponte di conversione DC/AC e da un insieme di componenti quali dispositivi di protezione contro guasti interni e contro le sovratensioni, e da filtri che rendono il gruppo idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete elettrica in corrente alternata in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. Le principali caratteristiche tecniche dell'inverter/degli inverter sono di seguito riassunte.



## ● SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 (versione ad alta corrente)

### Specifiche tecniche

Specifiche tecniche	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
Efficienza						
Efficienza massima	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
Efficienza ponderata europea	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%
Ingresso (PV)						
Potenza FV max raccomandata <sup>1</sup>	4,500 di Wp	6,000 di Wp	7,500 di Wp	9,000 di Wp	12,000 di Wp	15,000 di Wp
Tensione di ingresso max <sup>2</sup>	1,100 V					
Intervallo di tensione operativa <sup>3</sup>	140-980 V					
Tensione di avvio	200 V					
Tensione di ingresso nominale	600 V					
Max. Corrente di ingresso nominale	13.5 A					
Corrente di cortocircuito max	19.5 A					
Numero di tracker MPP	2					
Max. Numero di ingressi per tracker MPP	1					
Ingresso (batteria)						
Batteria compatibile	HUAWEI Smart String ESS 5kWh-30kWh					
Intervallo di tensione operativa	600-980 V					
Max corrente di funzionamento	16.7 A					
Max potenza di ricarica	10,000 W					
Potenza di scarica Max	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W
Uscita (In Rete)						
Connessione alla rete elettrica	Trifase					
Potenza di uscita nominale	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Potenza apparente max	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA <sup>4</sup>
Tensione di uscita nominale	220 V AC/380 V AC, 230 V AC/400 V AC, 3W/N+PE					
Frequenza direte AC nominale	50 Hz/60 Hz					
Corrente d'uscita massima	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.9 A
Fattore di Potenza regolabile	0.8 capac., 0.8 indut					
Max. Distorsione Armonica Totale	Risparmio 3%					
Uscita (Back-up)						
BackupBox	BackupBox-B1					
Max. potenza apparente	3,000 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA
Potenza di uscita nominale	220 V/230 V					
Corrente d'uscita massima	13.6 A	15 A	15 A	15 A	15 A	15 A
Fattore di Potenza regolabile	0.8 capac... 0.8 indut					
Funzionalità e Caratteristiche						
Dispositivo di disconnessione lato ingresso	SI					
Protezione anti-islanding	SI					
Protezione da polarità inversa CC	SI					
Monitoraggio isolamento	SI					
Protezione da sovratensione CC	SI, compatibile con la classe di protezione TIPO II secondo EN/IEC 61643-11					
Protezione da sovratensione CA	SI, compatibile con la classe di protezione TIPO II secondo EN/IEC 61643-11					
Monitoraggio corrente residua	SI					
Protezione da sovracorrente CA	SI					
Protezione da cortocircuiti CA	SI					
Protezione da sovratensione CA	SI					
Protezione dai guasti di arco AFCI	SI					
Ripple receiver control	SI					
Integrated PID recovery <sup>5</sup>	SI					
Ricarica inversa della batteria della rete	SI					
Dati Generali						
Range temperatura d'esercizio	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)					
Umidità di esercizio relativa	0 %RH ~ 100 %RH					
Altitudine operativa	4,000 m (13,123 ft.) (Riduzione oltre 2000 m)					
Raffreddamento	Convezione naturale					
Display	Indicatori LED; WLAN integrata + APP FusionSolar					
Comunicazione	RS485, WLAN tramite modulo WLAN integrato nell'inverter Ethernet tramite Smart Dongle-WLAN-FE (opzionale); 4G / 3G / 2G tramite Smart Dongle-4G (opzionale)					
Peso (compresa staffa di montaggio)	17 kg (37.5 lb)					
Dimensioni (compresa staffa di montaggio)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)					
Grado di protezione	IP65					
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W 6					
Ottimizzatore Compatibile						
Ottimizzatore compatibile DC MBUS	SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P					
	Conformità agli standard (ulteriori disponibili su richiesta)					
Certificato	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116					
Standard di connessione alla rete	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA					

<sup>\*1</sup> La potenza FV in ingresso massima dell'inverter è 20.000 Wp quando si usano stringhe lunghe e si implementa una ottimizzazione totale con il SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P.

<sup>\*2</sup> La tensione di ingresso massima è il limite superiore della tensione in DC. Qualsiasi tensione DC in ingresso più alta probabilmente danneggerebbe l'inverter.

<sup>\*3</sup> Qualsiasi tensione di ingresso CC al di fuori dell'intervallo di tensione di esercizio può causare un funzionamento improprio dell'inverter.

<sup>\*4</sup> C10/11: VA di 10,000

<sup>\*5</sup> SUN2000-3-10KTL-M1 aumenta il potenziale tra PV e terra sopra lo zero attraverso la funzione integrata del PID recovery per recuperare il degrado del modulo dovuto all'effetto PID. I tipi di moduli supportati includono: tipo P (mono, poly).

<sup>\*6</sup> < 10 W quando la funzione di ripristino PID è attivata.

Figura 9 - Scheda Tecnica Inverter

### 3.2.5 Sistema di interfaccia di rete

Il sistema di interfaccia con la rete pubblica si compone del sistema di protezione di interfaccia (SPI), del dispositivo di interfaccia (DI) e del sistema di misura dell'energia prodotta.

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), costituito essenzialmente da relè di frequenza e di tensione, è richiesto, secondo la norma CEI 0-21, a tutela degli impianti del Gestore di Rete in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete pubblica durante il regime di parallelo (integrato nel gruppo inverter).

Il sistema di misura dell'energia elettrica prodotta sarà collocato all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in alternata, resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile.

### 3.2.6 Quadri elettrici in corrente continua

L'impianto fotovoltaico è costituito da 1 quadro di campo le cui caratteristiche sono riportate negli schemi di progetto.

## 3.3 CRITERI DI SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI PRINCIPALI: MODULI, INVERTER E QUADRI ELETTRICI

In questo paragrafo verranno illustrati i criteri di scelta e di dimensionamento, nonché le caratteristiche elettriche e dimensionali dei principali componenti dell'impianto, ovvero dei moduli fotovoltaici, degli inverter, dei quadri elettrici e delle condutture elettriche.

### 3.3.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici hanno le caratteristiche tecniche di seguito specificate:

- Classe II, tensione di isolamento superiore a 1000 V;
- Presenza di un foglio-dati e di una targhetta riportante le principali caratteristiche elettriche secondo la norma CEI EN 50380;
- Caratteristiche elettriche, per quanto possibile, simili fra loro (soprattutto la corrente nominale), in modo da limitare le perdite elettriche per mismatch;
- Diodi di by-pass per garantire la continuità elettrica della stringa anche con danneggiamento o ombreggiamenti di una o più celle;
- Cassetta di terminazione con grado di protezione IP 65 da cui dipartono i cavi a loro volta dotati di connettori ad innesto rapido tipo multicontact;
- Potenza nominale di 415 Wp;
- Certificazione di rispondenza alla norma di un laboratorio accreditato;
- Garanzia di prodotto contro difetti di fabbricazione e di materiale di almeno 2 anni;
- Garanzia sul decadimento delle prestazioni da cui risulti che la potenza nominale del modulo dopo 25 anni non sarà inferiore all' 80% di quella indicata dal costruttore all'atto dell'acquisto;
- Numero di serie e il nome del costruttore indelebili e ben visibili;
- Cornice, tipicamente in alluminio, per facilitare le operazioni di montaggio;
- Tensione massima di sistema superiore a 1000 V;
- Elevata efficienza dei moduli, fino al 21,30 %;
- Ottima resistenza meccanica per elevati carichi neve;
- Utilizzo di materiali di qualità elevata per una protezione ottimale contro l'effetto Hot-Spot e la degradazione del modulo;
- Tolleranza di potenza solo positiva -0/+5 Wp;
- Le certificazioni secondo IEC 61215 e IEC 61730 che garantiscono il rispetto degli standard internazionali;
- Le certificazioni IEC 61701 (nebbia salina) e IEC 62716 (ammoniaca) che garantiscono il funzionamento anche in atmosfere aggressive;

- La scheda del modulo fotovoltaico è riportata di seguito:

## SPECIFICATIONS



Cell	Mono
Weight	19.5kg
Dimensions	1722±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	108(6x18)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10-35/ MC4-EVO2A
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); 800mm(+)/800mm(-)(Leapfrog) Landscape: 1100mm(+)/1100mm(-)
Front Glass	2.8mm
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 936pcs/40ft Container

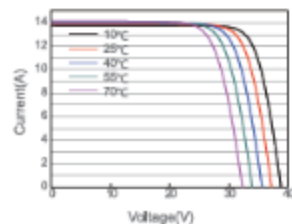
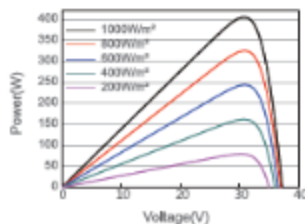
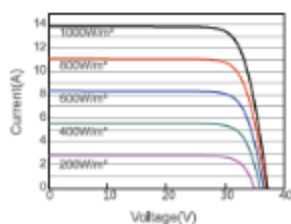
TYPE	JAM54S30 ~390/MR	JAM54S30 ~395/MR	JAM54S30 ~400/MR	JAM54S30 ~405/MR	JAM54S30 ~410/MR	JAM54S30 ~415/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	390	395	400	405	410	415
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	36.85	36.96	37.07	37.23	37.32	37.45
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	30.64	30.84	31.01	31.21	31.45	31.61
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.61	13.70	13.79	13.87	13.95	14.02
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.73	12.81	12.90	12.98	13.04	13.13
Module Efficiency [%]	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc( $\alpha_{Isc}$ )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc( $\beta_{Voc}$ )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

## OPERATING CONDITIONS

TYPE	JAM54S30 ~390/MR	JAM54S30 ~395/MR	JAM54S30 ~400/MR	JAM54S30 ~405/MR	JAM54S30 ~410/MR	JAM54S30 ~415/MR	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Rated Max Power(Pmax) [W]	294	298	302	306	310	314	Operating Temperature	-40℃~+85℃
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	34.62	34.75	34.88	35.12	35.23	35.37	Maximum Series Fuse Rating	25A
Max Power Voltage(Vmp) [V]	28.87	29.08	29.26	29.47	29.72	29.89	Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112lb/ft²)
							Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50lb/ft²)
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.89	10.96	11.03	11.10	11.16	11.22	NOCT	45±2℃
Max Power Current(Imp) [A]	10.18	10.25	10.32	10.38	10.43	10.50	Safety Class	Class II
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20℃, wind speed 1m/s, AM1.5G						Fire Performance	UL Type 1

## Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



*Figura 10 - Scheda Tecnica Pannello*



### 3.3.2 Inverter

Gli inverter hanno le seguenti caratteristiche:

- Potenza complessiva degli inverter pari o superiore della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico;
- 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;
- Modalità MPPT (Maximum Power Point Tracking);
- Ingressi in continua preferibilmente gestibili con poli non connessi a terra ("floating"), ovvero come sistemi IT;
- Isolamento galvanico tra generatore fotovoltaico e rete;
- Dispositivo per controllo continuo dell'isolamento verso terra, lato dc, conforme alle prescrizioni CEI per gli impianti gestiti con sistema IT (CEI 64-8). Eventualmente tale protezione può essere esterna;
- Filtri di ingresso per contenimento eventuale ripple di tensione e corrente su generatore fotovoltaico;
- Efficienza europea superiore al 93% se trattasi di inverter con trasformatore di isolamento, o superiore al 95 % in assenza di tale trasformatore;
- Filtri in uscita per limitare le armoniche di corrente e contenere i disturbi indotti sulla rete, in conformità alle norme CEI applicabili (EMC);
- Rispondenza alle norme applicabili in materia di EMC;
- Controllo del fattore di potenza della corrente di uscita su valori prescritti (norma CEI 0-21) con eventuale sistema di rifasamento lato ca, ove risulti necessario;
- Funzionamento automatico (avviamento, modalità MPPT e spegnimento automatico);
- Possibilità di funzionamento in sovraccarico (eventualmente con funzione di limitazione della corrente);
- Possibilità di operare in condizioni di temperatura gravose (protezione mediante limitazione di potenza nel caso in cui i dispositivi di potenza raggiungano temperature elevate);
- Avere protezioni e dispositivi 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 11-20;
- Protezione contro guasti interni;
- Protezione contro fulminazioni indirette (presenza di scaricatori lato DC e AC);
- Marchiatura CE;
- Certificazione di conformità alle norme ed all'interfacciamento con la rete pubblica rilasciata da un laboratorio accreditato.
- Grado di protezione (IP) compatibile con le condizioni di installazione prevista in fase di progettazione.

Gli inverter sono stati scelti in modo da garantire che il campo di variazione delle tensioni e delle correnti lato DC sia compatibile con i valori di tensione e corrente erogate dal campo fotovoltaico a cui verranno connessi, in qualsiasi condizioni di irraggiamento e temperatura ambiente. La verifica di tale compatibilità è riportata nel capitolo "calcoli preliminari". Analogamente, i valori di tensione e frequenza in uscita dagli inverter sono compatibili con la rete AC alla quale l'impianto fotovoltaico sarà connesso.

### 3.3.3 Quadri elettrici

I quadri elettrici hanno un grado di protezione IP idoneo alla tipologia di installazione (IP 65 per installazioni

esterne) e sono dotati di apposita morsettiera su cui attestare i cavi entranti ed uscenti. La morsettiera deve essere dotata di morsetto di terra al quale collegare tutte le masse interne al quadro per il loro collegamento a terra. I quadri dovranno preferibilmente essere fissati a parete e possibilmente non dovranno essere esposti alla radiazione solare diretta.

I quadri elettrici contengono i dispositivi di manovra, protezione scelti in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione. In particolare, per la sezione in corrente continua dovranno essere utilizzati dispositivi di protezione e manovra appositamente realizzati per l'impiego in corrente continua. Non sono quindi ammessi dispositivi di protezione e manovra realizzati per l'impiego in corrente alternata a meno che il costruttore non indichi chiaramente il coefficiente di declassamento necessario per poterli utilizzare in tutta sicurezza anche in corrente continua.

La scelta del quadro, in particolare le sue dimensioni, è fatta in modo che la temperatura al proprio interno non raggiunga valori tali da compromettere il buon funzionamento delle apparecchiature e dei dispositivi presenti al proprio interno.

I quadri elettrici dovranno infine riportare chiaramente ed in modo indelebile il nominativo del costruttore del quadro.

### 3.3.4 Protezione dai sovraccarichi

La protezione dai sovraccarichi (con riferimento alla norma CEI 64-8/4) verrà assicurata dai dispositivi di protezione che interromperanno le correnti di sovraccarico prima che queste possano provocare un elevato riscaldamento dell'isolamento del conduttore, dei collegamenti ecc., e quindi evitare un eccessivo decadimento delle prestazioni del cavo. Un passaggio di corrente di valore superiore alla portata del cavo  $I_z$  determina una sovratemperatura, rispetto a quella massima consentita in servizio permanente, che ha come conseguenza una riduzione della vita utile del cavo.

Il danno che può subire il materiale isolante non dipende solamente dalla intensità della temperatura raggiunta ma anche dal tempo di permanenza della sollecitazione termica.

Le due condizioni rispettate per la scelta del dispositivo di protezione dal sovraccarico sono:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

$I_b$  = corrente di impiego;

$I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione;

$I_f$  = corrente di intervento del dispositivo di protezione;

$I_z$  = portata della conduttura.

In tal modo si ricava la corrente nominale dei dispositivi d'interruzione utilizzati.

### 3.3.5 Protezione contro i contatti indiretti

Per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti (contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale) verrà realizzata mediante interruzione automatica dell'alimentazione del circuito in cui si verifica il guasto verso terra (CEI 64- 8/4).

La protezione contro i contatti indiretti sarà conseguita con interruttori differenziali ed il collegamento delle masse all'impianto di terra.

### 3.3.6 Protezione contro i contatti diretti

La protezione dai contatti diretti sarà ottenuta mediante la protezione delle parti attive con involucri dotati di grado di protezione minimo IPXXB, conforme a quanto richiesto dalle norme CEI 64-8/4 articolo 412.2 tenuto conto delle condizioni di esercizio. In alternativa sarà consentito anche l'utilizzo della protezione mediante isolamento delle parti attive che possa essere rimosso solo mediante distruzione. Inoltre, saranno installati interruttori magnetotermici differenziali a protezione dei circuiti in uscita.

### 3.3.7 Correnti massime di corto circuito

Nella scelta dei dispositivi di protezione è stato tenuto conto anche delle correnti di corto circuito le quali originano sollecitazioni di tipo termico e dinamico, e pertanto devono essere interrotte nel più breve tempo possibile. Le sollecitazioni termiche dipendono dall'energia sviluppata dalla corrente di corto circuito e determinano una riduzione di vita dei materiali isolanti, fragilità dei materiali termoindurenti. Le sollecitazioni dinamiche dipendono dal valore di cresta della prima onda di corrente ed in maniera minore dalle successive. Il calcolo delle correnti di corto circuito, a regime, è stato fatto all'inizio (corrente di corto circuito massima) ed alla fine di ogni tratto di linea (corrente di cortocircuito minima), considerando i seguenti tipi di guasto:

- trifase
- fase-neutro

- fase-fase

Una volta calcolata la corrente di cortocircuito si è scelto il dispositivo di protezione che risponde alle seguenti condizioni:

- avere un potere di interruzione ( $P_i$ ) non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione ( $I_{cc\ max}$ )

$$I_{cc\ max} \leq P_i$$

- intervenire in modo tale che tutte le correnti provocate da un corto circuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito siano interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura massima ammissibile. Pertanto, si è verificato che, per ogni valore di corto circuito è soddisfatta la condizione:

$$(I^2t) \leq K^2S^2$$

dove:

- il termine  $(I^2t)$  è l'energia specifica lasciata passare dal dispositivo di interruzione (integrale di Joule);
- il termine  $K^2S^2$  rappresenta il massimo valore di energia specifica che il cavo è in grado di sopportare, supponendo un funzionamento adiabatico. Tale termine è indipendente dal tipo di posa del cavo. Il valore di  $K$  è fornito dalla norma CEI 64-8 in funzione dei vari tipi di cavo ed è pari a:
  - $K = 115$  per i conduttori in rame con isolante in PVC;
  - $K = 135$  per i conduttori in rame con isolante in gomma ordinaria o butilica;
  - $K = 143$  per i conduttori in rame con isolante in EPR e propilene reticolato;

### 3.3.8 Verifica cadute di tensione

Nel dimensionamento dei circuiti oltre a considerare i criteri esposti nella protezione contro i sovraccarichi e cortocircuiti è stata considerata la caduta di tensione massima ammessa per ogni circuito che non dovrà superare il valore del 4%. Il calcolo di verifica è stato effettuato tenendo presente le caratteristiche dei cavi, adottando i valori di resistenza e reattanza fornite dai costruttori e comunque verificando che essi siano in accordo con le tabelle CEI-UNEL 35027-70. La formula adottata è la seguente:

$$DV = k L I_b (R \cos \Phi + X \sin \Phi)$$

dove:

$k$  = coefficiente pari a 2 per i sistemi monofase;  
 $L$  = lunghezza in metri;  
 $I_b$  = corrente di impiego;  
 $R$  = resistenza del cavo in M/m;  
 $X$  = reattanza del cavo in M/m;  
 $\cos \Phi$  = fattore di potenza;

### 3.3.9 Calcolo dell'impianto elettrico

Per il dimensionamento delle condutture si è tenuto conto sia della corrente che esse saranno destinate a trasportare, che della caduta di tensione la quale deve essere contenuta entro certi limiti.

Sempre ai fini del dimensionamento si sono considerate le condizioni al contorno (tipo di posa, temperatura ambiente, tipo di isolante, cavi unipolari o multipolari, presenza di cavi raggruppati) che influenzano direttamente la portata del cavo. Le norme a cui si fa riferimento sono le 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua".

Ai fini del calcolo della sezione dei cavi, per prima cosa, in funzione del carico, si è determinata la corrente circolante (corrente di impiego  $I_b$ ) e successivamente, in funzione delle condizioni al contorno di cui sopra, è stata individuata la sezione ottimale del conduttore tramite le tabelle CEI-UNEL. Il calcolo della corrente di impiego ( $I_b$ ) per le linee terminali, con la potenza dell'utilizzatore espressa in kW, è stata calcolata con l'espressione:

$$I_b = (K_u * P_c * 1000) / (c * V_n * \cos \Phi)$$

dove:

$K_u$  = coefficiente di utilizzazione;

$P_c$  = potenza del carico;

$c = 1$  (sistema monofase) o  $\sqrt{3}$  (sistema trifase);

$V_n$  = tensione;  $\cos \Phi$  = fattore di potenza del carico.

Il calcolo della corrente di impiego per la linea di distribuzione principale viene effettuata come somma vettoriale delle correnti circolanti nelle linee derivate, procedendo da valle verso monte, dopo avere introdotto un opportuno coefficiente di contemporaneità.

$$I_{\text{fase}} = K_c * \Sigma (I_{\text{fase linee derivate}})$$

Dopo avere calcolato la corrente di impiego, si è proceduto alla scelta della sezione del conduttore che dipende da tre fenomeni:

- termico:  $I_b < I_z$  dove  $I_z$  indica la portata della conduttura con determinate condizioni al contorno (tipo di posa, temperatura ambiente, tipo di isolante, cavi unipolari o multipolari, presenza di cavi raggruppati);
- elettrico: in quanto per un corretto impiego degli utilizzatori è necessario che essi funzionino al valore di tensione nominale per la quale sono previsti. Per tale motivo si è verificato che la caduta di tensione nell'impianto non assume valori troppo elevati;
- meccanico: per correnti d'impiego dell'ordine di pochi ampere, il dimensionamento della sezione dei conduttori ai solo fini termici ed elettrici comporterebbe l'adozione di sezioni troppo piccole dal punto di vista della resistenza meccanica, della affidabilità antinfortunistica, e del serraggio ai morsetti. Pertanto si è stabilita che la sezione minima da utilizzare nella realizzazione dell'impianto è pari a 1.5 mm<sup>2</sup>.

### 3.3.10 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini

Il riferimento normativo in questo ambito sono le norme CEI 81-10 1/2/3/4 e CEI 82-4. Per proteggere il generatore fotovoltaico contro gli effetti prodotti da sovratensioni indotte a seguito di scariche atmosferiche verranno utilizzati scaricatori (SPD di classe II) sul lato DC da posizionare dentro i quadri di campo. Per il dettaglio si rimanda agli schemi elettrici riportati nel documento.

La scelta degli scaricatori è stata fatta in modo da rispettare la seguente condizione:

$$U_c > 1,25 * V_{OC,GENFV}$$

Dove:

- $U_c$  è la tensione di servizio continuo dell'SPD
- $V_{OC,GENFV}$  è la tensione a circuito aperto @STC del generatore fotovoltaico

Inoltre, il punto di installazione degli SPD è stato scelto in modo che non vengano superate le distanze di protezione  $I_{po}$  e  $I_{pi}$  definite nella norma CEI 81-10/4:

- Distanza di protezione  $I_{po}$  determinata dai fenomeni di oscillazione;
- Distanza di protezione  $I_{pi}$  determinata dai fenomeni d'induzione.

## 3.4 RISULTATI PRINCIPALI DI CALCOLO

### 3.4.1 Verifica del corretto accoppiamento elettrico tra il generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione DC/AC.

Le verifiche sugli inverter si riferiscono alla sezione in corrente continua dell'impianto fotovoltaico e riguardano:

- La verifica sulla tensione DC
- La verifica sulla corrente DC
- La verifica sulla potenza

La prima verifica è tesa ad assicurare che la tensione erogata dal campo fotovoltaico sia compatibile con il campo di variazione della tensione di ingresso dell'inverter. In altri termini, tensione minima del campo fotovoltaico deve risultare maggiore alla minima ammessa in ingresso dall'inverter, la seconda tensione massima deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso ammessa dall'inverter.

La seconda verifica è tesa ad assicurare che la corrente di cortocircuito @ STC del campo fotovoltaico sia inferiore alla massima corrente di ingresso ammessa dall'inverter.

La terza verifica consiste nel controllare che la potenza nominale del gruppo di conversione DC/AC



(somma delle potenze nominali degli inverter) sia superiore all'80% e inferiore al 150% della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico (somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici).

Le tabelle che seguono riportano il risultato di tali verifiche.

Dati Pannello:	JAM54S30 430	Ja Solar
Potenza nominale	[Wp]	415
Tensione MPP $U_{mpp}$	[V]	31,61
Corrente MPP $I_{mpp}$	[A]	13,13
Tensione a vuoto $U_{oc}$	[V]	37,45
Corrente di c.c. $I_{sc}$	[A]	14,02
Efficienza modulo	[%]	21,3

Coefficienti di temperatura		
Potenza	[%/°C]	-0,35
Tensione a vuoto	[%/°C]	-0,275
Corrente di corto circuito	[%/°C]	0,045

Figura 11 - Dati Pannello

Dati Inverter		SUN2000-5.0-KTL-M	Huawei
<u>Ingresso</u>			
Massima Tensione assoluta DC in $V_{max,abs}$	[V]	1100	
Tensione attivazione DC in $V_{start}$	[V]	200	
Intervallo operativo DC $V_{dmin}$	[V]	140	
Intervallo operativo DC $V_{dmax}$	[V]	980	
Tensione nominale DC in $V_{dcr}$	[V]	600	
Potenza nominale DC in $P_{dcr}$	[W]	7500	
P max per ogni MPPT $P_{MPPTmax}$	[W]	3750	
Max corrente DC in $I_{dcmax}$	[A]	13,5	
Max corrente per ogni MPPT DC in $I_{dcMPPTmax}$	[A]	13,5	
Max Corrente c.c. per ogni MPPT DC in $I_{ccMPPT}$	[A]	19,5	
<u>Uscita</u>			
Tipo Connessione	3F+PE/3F+N+PE		
P nominale AC out $P_{acr}$	[W]	5000	
P massima AC out $P_{acmax}$	[W]	5000	
P apparente AC out massima $S_{max}$	[VA]	5500	
Tensione nominale AC out $V_{acr}$	[V]	400	
Massima corrente AC out $I_{ac,max}$	[A]	8,5	
Contributo alla corrente in c.c.	[A]	15	
Max corrente DC in $I_{dcmax}$	[A]		
Max corrente per ogni MPPT DC in $I_{dcMPPTmax}$	[A]		
Max Corrente c.c. per ogni MPPT DC in $I_{ccMPPT}$	[A]		
<u>Protezioni di ingresso</u>			
Caratteristiche sezionatore DC per ogni MPPT	25 A / 1000 V		
Caratteristiche fusibili	15 A / 1000 V		
<u>Protezioni di uscita</u>			
Massima protezione da sovracorrente esterna	25 A		

Figura 12 - Dati Inverter

Dati Campo Fotovoltaico		
N° Stringhe	[N]	1
N° Pannelli x stringa	[N]	12

#### Verifica Inverter

		Val Calc		Val Rif	
T rif $U_{oc}$ max	[°C]	-10			
$U_{oc}$ MaxT=-10 [°C]	[V]	492,7	≤	1100	●
T rif $U_m$ max	[°C]	-10			
$U_m$ MaxT=-10 [°C]	[V]	415,8	≤	980	●
T rif $U_m$ min	[°C]	70			
$U_m$ MinT=70 [°C]	[V]	332,4	≥	140	●
T rif $I_{sc}$ max	[°C]	70			
$I_{sc}$ MaxT=70 [°C]	[V]	14,3	≤	19,5	●
P GFTV/ P INV	[%]	100%	≤	150%	●
			≥	97%	●

Nota: le stringhe sono uguali

#### Verifica Cavi

		Val Calc		Val Rif	
$I_b = 1,25 I_{sc,max}$	[°C]	17,88	≤	35,93	●
Sezione Cavo	[mm <sup>2</sup> ]	1x4			
T rif posa cavo	[°C]	80			
N° circuiti	[N]	2			

#### Verifica caduta di tensione

		Val Calc		Val Rif	
$\Delta U$ %	[%]	0,44%	≤	1,00%	●
Sezione Cavo	[mm <sup>2</sup> ]	1x4			
Lunghezza circuito	[m]	25			

Figura 13 - Esiti delle verifiche

### 3.5 VERIFICA DELLA RISPONDEZZA ALLE NORME IN MATERIA DI PREVENZIONE DEL RISCHIO INCENDIO

#### 3.5.1 Termini e definizioni

I termini le definizioni e le tolleranze adottate sono quelli di cui al D.M. 30/11/1983, dalla Norma CEI 64-8, Sezione 712 e dalla Guida CEI 82-25 e i seguenti:

##### - **Dispositivo fotovoltaico**

Componente che manifesta l'effetto fotovoltaico. Esempi di dispositivi FV sono: celle, moduli, pannelli, stringhe o l'intero generatore FV.

##### - **Cella fotovoltaica**

Dispositivo fondamentale in grado di generare elettricità quando viene esposto alla radiazione solare.

##### - **Modulo fotovoltaico**

Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3).

##### - **Pannello fotovoltaico**

Gruppo di moduli preassemblati, fissati meccanicamente insieme e collegati elettricamente. In pratica è un insieme di moduli fotovoltaici e di altri necessari accessori collegati tra di loro

meccanicamente ed elettricamente (Il termine pannello è a volte utilizzato impropriamente come sinonimo di modulo).

- ***Stringa fotovoltaica***

Insieme di pannelli fotovoltaici collegati elettricamente in serie.

- ***Generatore FV (o Campo FV)***

Insieme di tutti i moduli FV in un dato sistema FV.

- ***Quadro elettrico di giunzione del generatore FV***

Quadro elettrico nel quale tutte le stringhe FV sono collegate elettricamente ed in cui possono essere situati dispositivi di protezione, se necessario.

- ***Cavo principale FV c.c.***

Cavo che collega il quadro elettrico di giunzione ai terminali c.c. del convertitore FV.

- ***Gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata***

Insieme di inverter (Convertitori FV) installati in un impianto fotovoltaico impiegati per la conversione in corrente alternata della corrente continua prodotta dalle varie sezioni che costituiscono il generatore fotovoltaico.

- ***Sezione di impianto fotovoltaico***

Parte del sistema o impianto fotovoltaico; esso è costituito da un gruppo di conversione c.c./c.a. e da tutte le stringhe fotovoltaiche che fanno capo ad esso.

- ***Cavo di alimentazione FV***

Cavo che collega i terminali c.a. del convertitore PV con un circuito di distribuzione dell'impianto elettrico.

- ***Impianto (o Sistema) fotovoltaico***

Insieme di componenti che producono e forniscono elettricità ottenuta per mezzo dell'effetto fotovoltaico. Esso è composto dal Generatore FV e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.

### **3.5.2 Classificazione**

L'attività non risulta classificata tra quelle soggette ai controlli di prevenzione incendi disciplinate dal D.P.R. 151 del 1 agosto 2011, l'impianto in oggetto è realizzato sopra una pensilina esterna all'aria aperta non costituisce in tal senso elemento di aggravio del rischio, in ogni caso si allegano le seguenti prescrizioni atti a garantire l'opportuna riduzione del rischio di propagazione del rischio in caso di incendio dall'esterno verso l'interno dell'attività.

### **3.5.3 Disposizioni generali**

Al fine di non garantire aggravio del rischio incendio l'impianto fotovoltaico sarà realizzato in modo da evitare:

- Evitare qualsiasi ostacolo alle operazioni di raffreddamento/estinzione di tetti combustibili;

A tal fine si sono seguite le indicazioni riportate nella nota prot. N. 1324 del 7 febbraio 2012.

### **3.5.4 Requisiti tecnici**

Dal punto di vista della sicurezza, si è tenuto conto della impossibilità di porre il sistema fuori tensione in presenza di luce solare. Onde limitare il rischio di elettrocuzione per la presenza di elementi attivi a monte degli inverter gli stessi verranno ubicati in un apposito locale adiacente al fabbricato con accesso diretto

dall'esterno separato da altri locali. I cavi in corrente continua correranno in esterno e pertanto non costituiranno pericolo in caso di intervento di emergenza.

L'impianto Fotovoltaico avrà le seguenti caratteristiche:

- sarà provvisto di un dispositivo di comando di emergenza, ubicato in posizione segnalata ed accessibile, che consenta il sezionamento sotto carico dell'impianto fotovoltaico.
- non costituirà causa primaria di incendio o di esplosione;
- non fornirà alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi;
- l'inverter dell'impianto sarà installato all'interno di un locale tecnico appositamente dedicato;
- i componenti dell'impianto Fotovoltaico non saranno installati in luoghi definiti "luoghi sicuri" ai sensi del DM 30/11/1983, e non saranno di intralcio alle vie di esodo;
- le strutture portanti dell'edificio, ai fini del soddisfacimento dei livelli di prestazione contro l'incendio di cui al DM 09/03/2007, sono verificate e documentate tenendo conto delle variate condizioni dei carichi strutturali sulla copertura, dovute alla presenza del generatore fotovoltaico, anche con riferimento al DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

### 3.5.5 Documentazione

Sarà acquisita e prodotta, contestualmente alla presentazione della SCIA (Segnalazione Certificata di Inizio Attività) la dichiarazione di conformità di tutto l'impianto fotovoltaico, ai sensi del D.M. 37/2008.

### 3.5.6 Verifiche

Periodicamente e ad ogni trasformazione, ampliamento o modifica dell'impianto saranno eseguite e documentate le verifiche ai fini del rischio incendio dell'impianto fotovoltaico, con particolare attenzione ai sistemi di giunzione e di serraggio.

### 3.5.7 Segnaletica di sicurezza

L'area in cui è ubicato il generatore ed i suoi accessori, qualora accessibile, sarà segnalata con apposita cartellonistica conforme al D. Lgs. 81/2008.



**ATTENZIONE  
IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
IN TENSIONE DURANTE  
LE ORE DIURNE  
( ..... volt )**

La predetta cartellonistica dovrà riportare la seguente dicitura:

**ATTENZIONE: IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN TENSIONE DURANTE LE ORE DIURNE  
(800,00 Volt).**

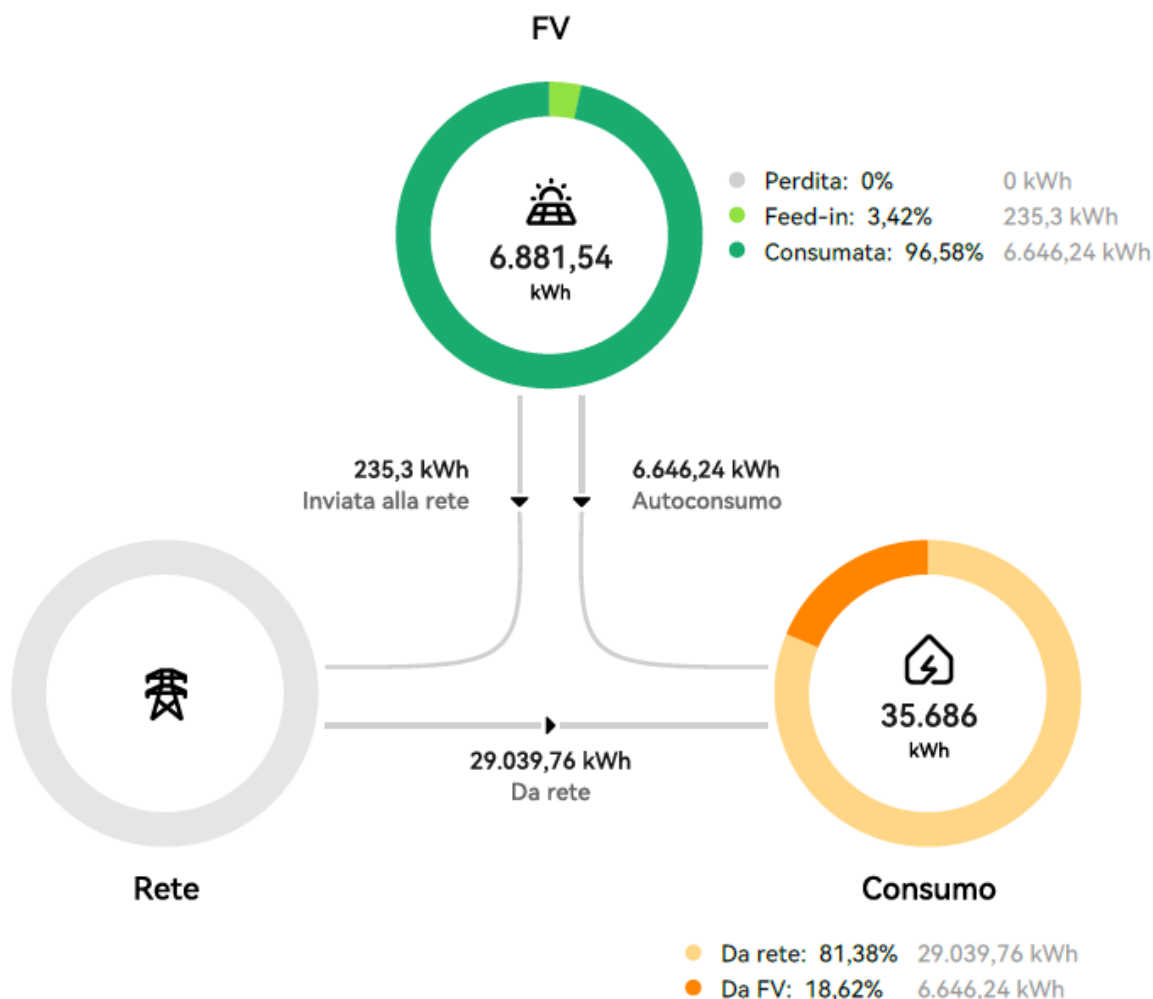
- La predetta segnaletica, resistente ai raggi ultravioletti, sarà installata ogni 10 m per i tratti di condotta.
- Nel caso di generatori fotovoltaici presenti sulla copertura dei fabbricati, detta segnaletica sarà installata in corrispondenza di tutti i varchi di accesso del fabbricato.
- I dispositivi di sezionamento di emergenza dovranno essere individuati con la segnaletica di sicurezza di cui al titolo V del D.Lgs.81/08.



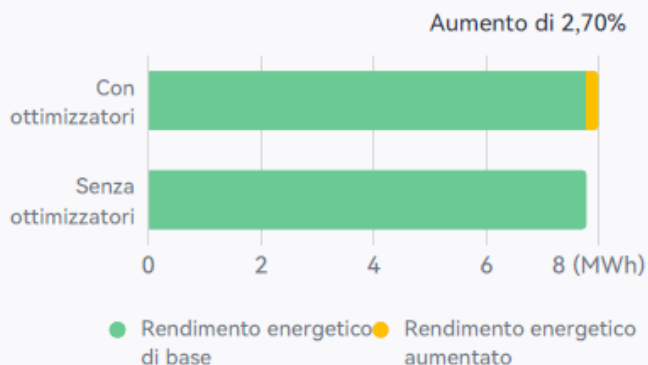


### 3.6 VERIFICHE ENERGETICHE

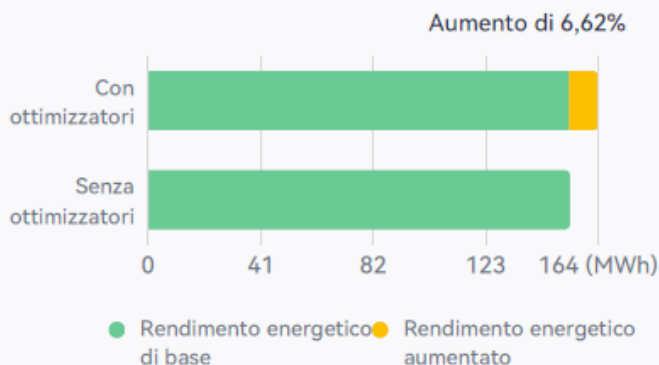
## Gestione energetica



#### Aumento del rendimento energetico del primo anno con ottimizzatori



#### Aumento del rendimento energetico di 25 anni con ottimizzatori

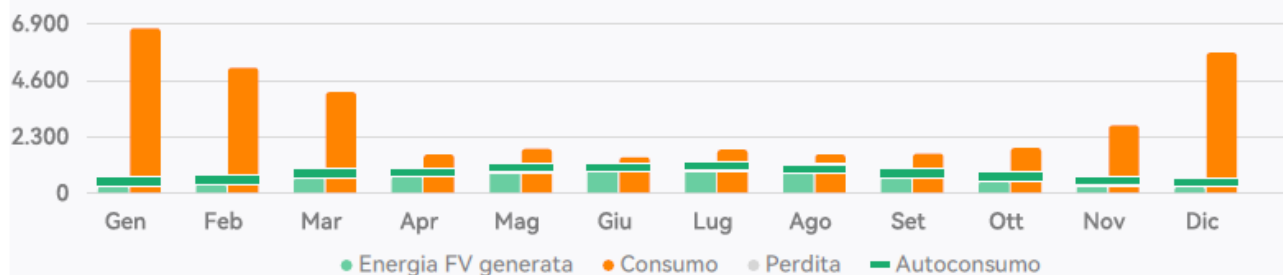


\* Confronto dei rendimenti energetici con lo stesso layout di moduli FV e la stessa configurazione di inverter



## Consumo energetico mensile

Unità(kWh)



## Diagramma di perdita del sistema

