

Committente: Comune di Segrate via I Maggio 12 – 20054 Segrate

Scuola Secondaria di Primo Grado “Giacomo Leopardi”

via San Rocco 4

20054 Comune di Segrate (MI)

Impianto Fotovoltaico connesso alla rete da 371,52 kWp

Analisi di fattibilità Tecnico Economica

Relazione Tecnica

04/12/24

Sommario

1	Premessa.....	4
1.1	Oggetto e valenza dell’iniziativa	4
1.2	Riferimenti normativi.....	5
2	Analisi del fabbisogno energetico e della potenza massima installabile	6
3	Architettura impianto fotovoltaico	11
4	Caratteristiche dei componenti	12
4.1	Moduli fotovoltaici.....	12
4.2	Inverter.....	12
4.3	Cassette di protezione	12
4.4	Allacciamento alla rete MT - cabina MT - quadro di parallelo inverter	13
4.5	Stato di fatto della copertura	16
4.6	Struttura di sostegno, posizionamento dei moduli e interventi in copertura	16
4.7	Dispositivi di protezione.....	18
4.8	Impianti elettrici.....	20
4.8.1	Protezioni.....	20
4.8.2	Impianti di Terra.....	20
4.8.3	Protezione contro i fulmini	21
4.8.4	Protezione contro i contatti diretti.....	21
4.8.5	Protezione contro i contatti indiretti	21
5	Calcoli e verifiche di progetto	22
5.1	Variazione della tensione con temperatura per la sezione C.C.	22
5.2	Cablaggio linee AC e CC e criteri di dimensionamento	22
5.2.1	Criterio della caduta di tensione	22
5.2.2	Criterio Termico	23
5.3	Valutazione del rischio incendio	24
5.4	Sistema di supervisione impianto	25
5.5	Verifiche tecnico funzionali dopo l’installazione	25
6	Stima produzione media annua e bilancio energetico preliminare	26

Allegati:

- 01- Schede tecniche componenti
- 02- Schema elettrico unifilare
- 03- Planimetria generale impianto
- 04- Cronoprogramma delle opere

1 Premessa

L'impianto oggetto del presente documento, si propone l'obiettivo di produrre energia elettrica facendo ricorso alla fonte energetica alternativa rappresentata dall'irradiazione solare.

1.1 Oggetto e valenza dell'iniziativa

Il presente documento costituisce la relazione tecnica di analisi di fattibilità tecnico economica per la realizzazione di un impianto fotovoltaico situato sulle coperture della Scuola Secondaria di Primo Grado Giacomo Leopardi in via San Rocco, 4 nel comune di Segrate (MI).

L'impianto sarà dedicato alla produzione di energia elettrica destinata all'autoconsumo diretto presso il plesso scolastico ed all'autoconsumo diffuso per le altre utenze di proprietà del comune di Segrate.

In generale l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- Produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanza inquinanti;
- Risparmio da combustibile fossile;
- Nessun inquinamento acustico;

I lavori e le attività da realizzare a carico della ditta installatrice saranno i seguenti:

- Progettazione esecutiva dell'impianto per tutte le discipline coinvolte;
- Pratiche inerenti l'esercizio dell'impianto: richiesta di connessione alla rete di distribuzione, richiesta di licenza di officina elettrica (UTF), iscrizione presso portale gaudì;
- Realizzazione e messa in opera della nuova connessione in media tensione alla rete di E-Distribuzione. Fornitura e posa nuova cabina di media tensione;
- Realizzazione e messa in esercizio dell'impianto fotovoltaico.

1.2 Riferimenti normativi

Nella stesura del presente progetto e nella realizzazione delle opere si fa riferimento alle seguenti disposizioni legislative e normative:

Sicurezza elettrica

- 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.

Parte fotovoltaica

- 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 61215 (82-8) Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri
- Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- 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.
- CEI EN 61727 (82-9) Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla Rete.

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- 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 70-1: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo.

2 Analisi del fabbisogno energetico e della potenza massima installabile

Nella tabella che segue si riportano i prelievi mensili dalla rete elettrica del sito di suddivisi per fasce di consumo:

Fascia	F1	F2	F3
Data	kWh	kWh	kWh
gen-23	6.241	2.074	2.314
feb-23	5.944	2.013	1.936
mar-23	5.916	2.230	2.158
apr-23	3.703	1.572	2.037
mag-23	4.857	1.898	1.793
giu-23	3.863	1.849	2.965
lug-23	2.483	1.393	2.283
ago-23	2.286	1.334	2.327
set-23	3.828	1.951	2.140
ott-23	6.081	1.768	1.658
nov-23	6.630	2.058	1.924
dic-23	5.345	1.742	2.127
	57.177	21.882	25.662

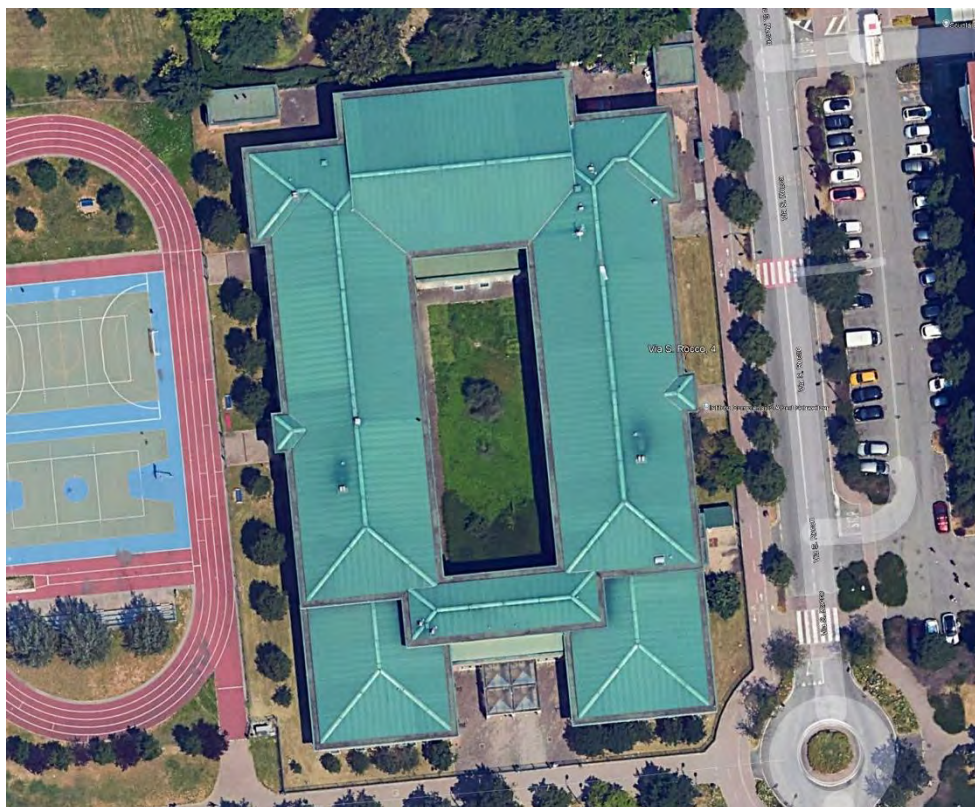
F1: lun-ven dalle 8:00 alle 19:00

F2: lun-ven dalle 19:00 alle 23:00

F3: restanti fasce orarie

In prima analisi l'installazione di un impianto fotovoltaico dovrà ridurre il fabbisogno di prelievo nelle ore diurne, mentre l'energia in eccesso e ceduta in rete dovrà soddisfare il fabbisogno dei siti del comune in prossimità grazie all'implementazione dell'autoconsumo diffuso.

Pertanto la verifica della potenza massima installabile non è limitata da fabbisogno, ma è stata calcolata in funzione della superficie disponibile in copertura. Nella immagini che seguono vengono presentate le immagini dell'edificio e le relative foto del piano di copertura.



– Vista satellitare della Scuola Primaria "Giacomo Leopardi"



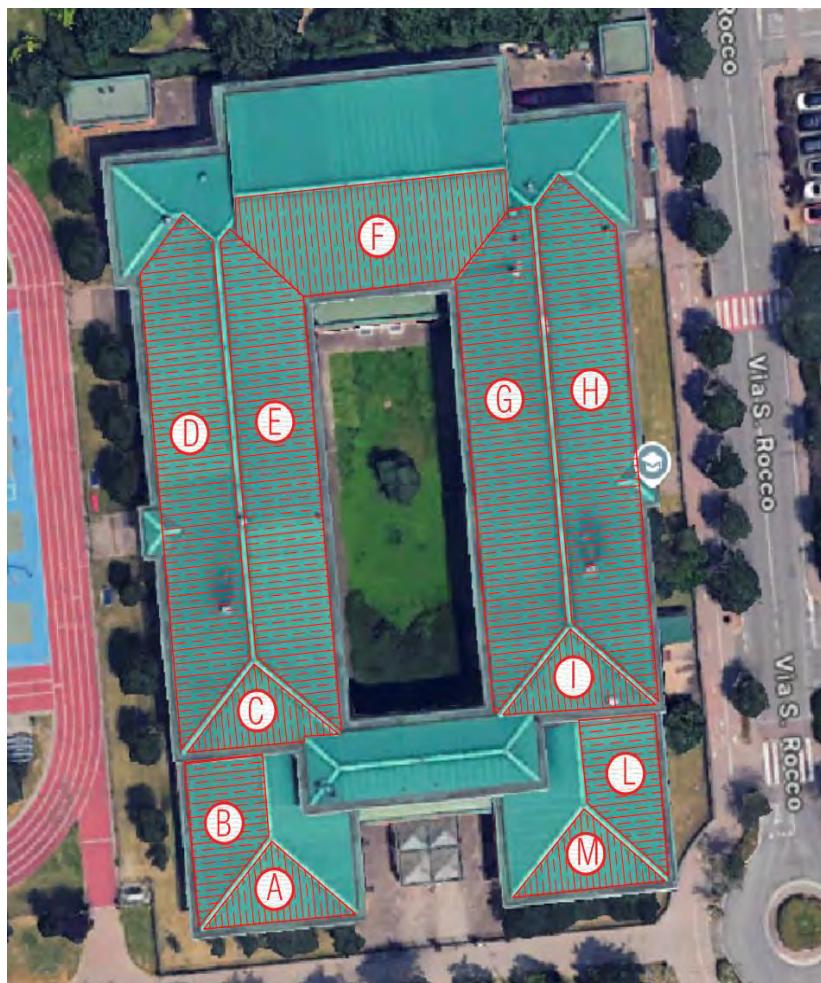
– Vista Frontale



– Vista Frontale



– Vista delle superfici interessate all'installazione



– Falde interessate all'installazione

Sono state identificate la falde interessate alla posa dei moduli fotovoltaici.

<i>FALDA</i>	<i>AZIMUTH</i>	<i>INCLINAZIONE</i>	<i>MODUL INSTALLABILI</i>	
A	-6°	9°	21	
B	+ 84°	9°	32	
C	- 6°	9°	18	
D	+ 84°	9°	133	
E	- 96°	9°	134	
F	-6°	9°	101	
G	+84°	9°	134	
H	-96°	9°	135	
I	-6°	9°	13	
L	-96°	9°	32	
M	-6°	9°	21	POTENZA INSTALLABILE
		TOTALE	774	774 X 0,48 = 371,52 kWp

La potenza complessiva installabile corrisponde a circa **371,52 kWp**. Non si esclude la possibilità di poter disporre anche di moduli aventi potenza maggiore. Per ulteriori dettagli si veda planimetria allegata con la disposizione dei moduli per ogni falda.

3 Architettura impianto fotovoltaico

L'architettura dell'impianto adottabile è del tipo decentralizzato multinverter con inverter di stringa. La trasformazione dell'energia da continua in alternata avverrà tramite inverter posizionati all'esterno sul muro perimetrale dell'edificio. In questo modo i percorsi dei cavi in corrente continua saranno limitati ai soli piani di copertura e su parte del muro esterno.

Saranno previsti n. 3 inverter multistringa. n. 2 inverter con potenza erogabile lato CA 100kW e n. 1 inverter con potenza erogabile lato CA 150 kW.

Le stringhe componenti l'impianto fotovoltaico saranno collegate direttamente agli inverter. Ogni stringa sarà provvista, per ogni polarità, di un fusibile di protezione (quadro fusibili in ingresso all'inverter).

Il parallelo degli inverter sarà effettuato in un quadro di bassa tensione, provvisto di relè di interfaccia ed interruttori di protezione delle linee inverter.

L'incremento della potenza dell'impianto comporterà la modifica delle condizioni di connessione alla rete di E-Distribuzione, che non sarà più 400 Volt trifase, ma dovrà avvenire in media tensione 15.000Volt.

Per ulteriori dettagli si veda in allegato schema unifilare.

4 Caratteristiche dei componenti

4.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici saranno del tipo equivalente a JINKOSOLAR modello JKM480M da 480Wp monocristallino, con tolleranza di potenza positiva 0-+3%, tecnologia multibus bar, 120 half-cell, certificazione IEC61215, IEC61730, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, provvisti di certificazione di resistenza alla nebbia salina e all'ammoniaca. I moduli fotovoltaici dovranno avere garanzia di prodotto di almeno 12 anni e garanzia di erogazione di potenza lineare di almeno 25 anni, con degradazione non superiore allo 0,45% annuo. Provvisti di certificazione PV-Cycle e CE , classe 1 di resistenza al fuoco. Per ulteriori dettagli si veda la scheda tecnica in allegato.

4.2 Inverter

Gli inverter avranno potenza complessiva idonea alla potenza di campo installabile. n. 2 inverter da 100 kW lato AC e n.1 inverter da 150 kW lato AC. La tipologia degli inverter adottati è del tipo multistringa del tipo equivalente a Huawei modello equivalente SUN2000-150K e SUN2000-100K provvisti di almeno n. 10 MPPT, fino a 20 stringhe monitorabili, RS485, USB, WLAN, scaricatori AC e DC , sezionatore AC, max efficienza 97%, sezionatore lato DC e fusibili di stringa. Provvisto di interfaccia ethernet smart-Logger. Grado di protezione IP65 o superiore. Garanzia 5 anni. Certificazione CEI 0-16. Gli inverter dovranno essere provvisti di sistema di monitoraggio dell'energia prodotta, prelevata ed immessa in rete.

Le caratteristiche tecniche e meccaniche sono riportate nella scheda tecnica in allegato.

4.3 Cassette di protezione

In prossimità dell'ingresso di ogni inverter lato DC, dovranno essere previste delle cassette di protezione provviste di fusibili di protezione per ogni polarità di stringa.

4.4 Allacciamento alla rete MT - cabina MT - quadro di parallelo inverter

Per beneficiare della potenza installabile sulla copertura sarà necessario modificare la connessione esistente, attualmente in bassa tensione a 400V, con una connessione in media tensione 15.000 Volt.

Pertanto sarà installata una cabina elettrica, shelter prefabbricato, prefabbricata in acciaio MT BT, per esterno, con potenzialità 400kVA – tensioni nominali da 15 kV.

La cabina di connessione dell'impianto Fotovoltaico alla rete elettrica ed alle utenze dell'edificio sarà realizzata mediante apparecchiature di Media Tensione (15 kV) ed apparecchiature di Bassa Tensione (3x400 Volt)

Le apparecchiature (sia MT che BT), saranno installate in uno shelter prefabbricato in acciaio di dimensioni modulari 20' (venti piedi, approssimativamente 2,5 x 6 metri H 2,5 m.), lo shelter sarà dotato di un portellone che darà accesso al vano di contenimento del Trasformatore MT/BT di potenza 400 kVA in resina. Lo sblocco del portellone sarà interconnesso mediante un sistema di chiavi con l'interruttore di messa a terra delle componenti MT e di sezionamento delle componenti BT, in modo da impedire l'accesso, se prima non sia posto fuori tensione ed in sicurezza.

Lo shelter sarà posizionato in appoggio, leggermente staccato da terra, l'ingresso cavi MT (3x 95 mm² 12/20 kV) dal punto di consegna nel locale ENEL, fino alle apparecchiature MT avverrà dal basso, mediante un'asola sul fondo, chiusa da un passacavo MCT che garantisce una tenuta IP 65; l'ingresso cavi BT provenienti dagli inverter dell'impianto Fotovoltaico (15 cavi in alluminio sezione 120 mm²) avverrà analogamente dal basso, mediante una seconda asola sul fondo chiusa da un analogo passacavo MCT che garantisce una tenuta IP 65.

I passacavo sono apribili e riposizionabili, per consentire sia la prima posa, che eventuali interventi manutentivi successivi.

L'accesso al vano contenente le apparecchiature avverrà da una porta laterale con apertura verso l'esterno, in metallo, con guarnizioni di tenuta.

Non saranno necessarie aperture di aereazione, poiché l'interno sarà dotato di climatizzatore, l'unità condensante disporrà di aperture dedicate, senza comunicazione con l'interno.

Il collegamento al quadro d'utenza esistente, attualmente posizionato nel locale in muratura attiguo, sarà realizzato con cavi FG16M16 (12 cavi in rame di sezione 1x120 mm²), mediante una terza asola sul fondo chiusa da un analogo passacavo MCT che garantisce una tenuta IP 65.

Le apparecchiature di Media Tensione (MT) consistono in:

- Box arrivo linea con visualizzazione di presenza tensione
- Box sezionamento e protezione generale contenente 1 sezionatore generale, 2 sezionatori di messa a terra, 1 interruttore di protezione 630 A sottovuoto, con dispositivo motorizzato di ricarica delle molle;

- Cassonetto di cablaggio contenente il relé di protezione Generale a norma CEI 0-16 per le protezioni Amperometriche (50-51) e tensioni residue in caso di guasto a terra (50N-51N e 67); qualora non richiesta dall'ente distributore, la protezione 67 potrà essere omessa.
- Trasformatori elettromeccanici di tensione per misure e protezioni (eventualmente sostituite da V-sensor digitali);
- Trasformatore MT/BT 15-0,4 kVolt +/- 2x2,5% 400 kVA in resina

Le apparecchiature di Bassa tensione (BT) consistono in un armadio metallico IP 30 contenente:

- n. 3 interruttori Magnetotermici Tripolari con Neutro 250 A con relé elettronico di protezione per sovracorrenti e dispersioni caratteristiche LSIG
- n. 2 interruttori Magnetotermici Tripolari con Neutro 630 A con relé elettronico di protezione per sovracorrenti e dispersioni caratteristiche LSIG
- n. 1 Relé di protezione Interfaccia con protezioni Voltmetriche (ANSI 59- 59N- 27- 81; con segnale proveniente dai TV (o V-sensor) provenienti dagli apparati MT;
- n. 2 box Misure per contatori energia prodotta dall'impianto FV ed energia autoconsumata;
- UPS di alimentazione delle protezioni e dei comandi.
- Unità di climatizzazione interna dello shelter
- Illuminazione Interna ordinaria e di emergenza; presa 220 V di servizio;

Lo shelter sarà costruito interamente equipaggiato fuori opera, appoggiato su una base in cls su punti di appoggio, con resistenza $\geq 450 \text{ kg/cm}^2$; nella base in cls dovranno essere predisposti i cavidotti per i collegamenti MT dal locale ENEL di consegna; per i collegamenti BT dall'impianto Fotovoltaico, e dal Quadro BT di distribuzione esistente. I collegamenti in cavo saranno realizzati in opera, con cavi conformi alle norme CPR (UE 305/2011).



– tipologia di cabina tipo shelter per la connessione alla rete MT

4.5 Stato di fatto della copertura

Il progetto prevede l'installazione di moduli fotovoltaici su una cospicua percentuale di superficie di copertura come da tavola di progetto.

La documentazione reperita (elaborati grafici, relazioni, collaudo statico) ha consentito di definire in maniera sufficientemente accurata la tipologia strutturale degli elementi di copertura. Si individuano 2 differenti soluzioni strutturali:

- Copertura con struttura principale metallica a capriate e travetti metallici di collegamento per la palestra e la prima porzione delle due ali laterali, con soprastante lamiera di finitura
- Copertura piana in lastre prefabbricate per le restanti porzioni di fabbricato con lamiera di finitura in appoggio su muricci in elementi forati

La documentazione reperita certifica la portata delle coperture per un carico permanente, oltre al peso proprio, pari a 200 daN/mq, e per un carico dovuto alla neve pari a 150 daN/mq.

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, il carico accidentale dovuto alla neve per la zona in oggetto è valutato in 120 daN/mq, dunque inferiore alla portata garantita dalla copertura. Senza ulteriori analisi di dettaglio, si può concludere che il carico dovuto ai nuovi pannelli fotovoltaici, stimato in 15 daN/mq, sia compatibile con le strutture esistenti e non rappresenti elemento di criticità statica. Si rileva inoltre come, a seguito di sopralluoghi specifici, le strutture di copertura appaiono in buono stato conservativo, senza alcun elemento di criticità e dunque si ritengono idonee all'installazione dei moduli fotovoltaici.

Si richiede nel progetto esecutivo, anche in accordo al sistema di fissaggio del prodotto individuato, una ulteriore analisi di dettaglio sul sistema di connessione, sui rinforzi puntuali richiesti in funzione del prodotto scelto ed una ulteriore conferma circa l'idoneità dei nuovi carichi sulla copertura esistente.

4.6 Struttura di sostegno, posizionamento dei moduli e interventi in copertura

Il piano di posa dei moduli sarà complanare a quello delle falde di copertura in lamiera grecata, così da non alterare la sagoma dell'edificio.

I moduli saranno fissati ad una struttura in alluminio, dotata di profilati per il fissaggio dei moduli mediante viti e bulloni; la struttura e i moduli saranno posati complanari alla falda, ad una distanza tale da garantire la corretta ventilazione dei moduli fotovoltaici e rispettando le prescrizioni di posa del costruttore dei moduli fotovoltaici.

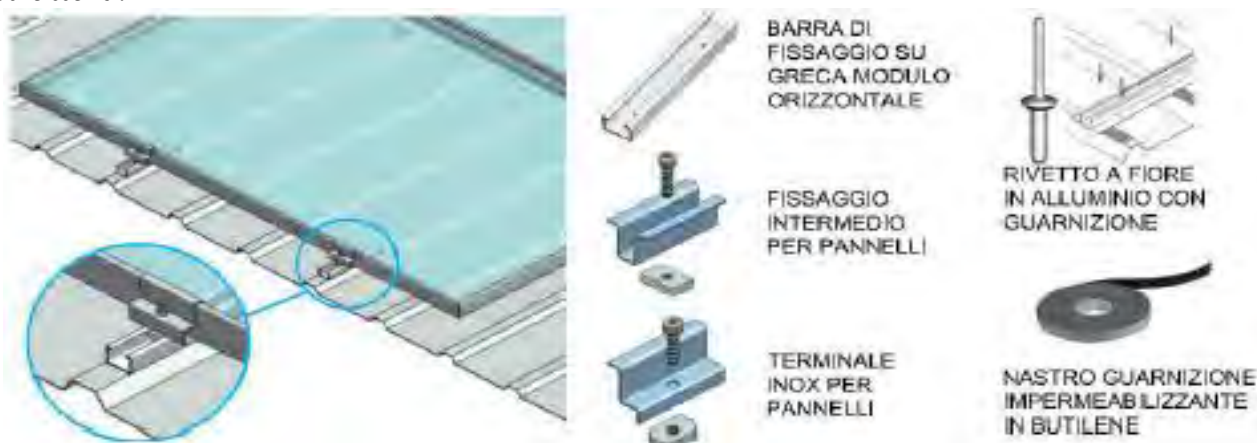
La struttura di alluminio dovrà essere fissata alla copertura sottostante.

Il campo fotovoltaico non dovrà oltrepassare il profilo di colmo della copertura e mantenere sufficiente spazio per l'imbarco sul tetto, la posa della linea vita e le attività di manutenzione.

La struttura sarà dimensionata per il sostegno dei moduli, resistente agli agenti atmosferici e ai sovraccarichi da neve e/o vento. Nelle foto seguenti viene riportata, a titolo esemplificativo la modalità con cui saranno posati i moduli fotovoltaici



Ciascun profilo sarà fissato alla falda di copertura con un sistema di ancoraggio adeguato alle caratteristiche della struttura portante sottostante. Gli agganci dei moduli alla struttura di sostegno dovranno consentire l'eventuale smontaggio di singoli moduli per la loro riparazione e sostituzione. Di seguito, a titolo di esempio, tipologia di dettaglio per la struttura.



Tutte le forature effettuate per l'inserimento di viterie e fissaggi dei profili alla copertura dovranno essere impermeabilizzati. Qui di seguito esempio di impermeabilizzazione effettuato dopo il fissaggio della profilo di appoggio del modulo fotovoltaico



– tipologia di finitura di impermeabilizzazione

In corrispondenza dei nuovi fissaggi, ancoraggi dovrà essere preservata la completa funzionalità originaria di ogni copertura e dovranno essere ripristinati gli elementi di finitura preesistenti.

La struttura di sostegno dovrà consentire un agevole smaltimento delle acque piovane raccolte dai moduli e sarà realizzato in modo da evitare che l'acqua possa dirigersi verso i profili di sostegno e creare ristagni al loro interno. E' richiesto il ripristino dei componenti strutturali e degli elementi di finitura preesistenti in corrispondenza di ancoraggi, fissaggi o quant'altro realizzato mediante l'uso di materiali compatibili con i materiali preesistenti e che garantiscano la completa funzionalità originaria della copertura.

E' inoltre richiesta la verifica dei serraggi delle viterie e dello stato delle guarnizioni dei pannelli in lamiera grecata anche per le falde non soggette ad installazione dei moduli fotovoltaici.

4.7 Dispositivi di protezione

Su tutte le falde oggetto di installazione dell'impianto fotovoltaico si dovrà prevedere l'installazione di linee vita anticaduta. Tali dispositivi dovranno rispettare tutte le prescrizioni comprese dalla normativa UNI-EN:795 relativa agli obblighi di sicurezza sul lavoro e protezione dal rischio di caduta dall'alto e in conformità con la normativa EN:365 in materia di manutenzione, revisione e collaudo della linea vita anticaduta.



– esempio di linea vita e di scala a gabbia da installare

Per l'accesso in copertura sarà installata una scala alla marinara con gabbia, sbarco in copertura e ballatoio intermedio alla quota di posa degli inverter, per l'accesso agli stessi, si veda planimetria allegata. Per l'accesso agli inverter saranno valutabili, in fase esecutiva, proposte analoghe.

4.8 Impianti elettrici

4.8.1 Protezioni

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito sarà assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale e dalla presenza dei fusibili di stringa. La parte di impianto elettrico in corrente alternata, essendo collegati all'impianto elettrico del plesso scolastico fanno parte del sistema elettrico di quest'ultimo.

Le caratteristiche costruttive e le certificazioni degli inverter consentono di classificare come IT il sistema in corrente continua costituito dalla serie dei moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter.

Per la protezione contro i contatti diretti, tutte le parti sotto tensione saranno dotate di isolamento adeguato e/o di involucri con grado di protezione idoneo al luogo di installazione.

4.8.2 Impianti di Terra

L'impianto di terra dovrà essere unico, cui vanno collegati tutti i conduttori di protezione, di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori, nonché dei sistemi di protezione

Sono in generale da collegarsi all'impianto di terra:

- Il conduttore di terra
- Tutti i conduttori equipotenziali e gli eventuali dispersori naturali con cavo unipolare isolato tipo H07V-K di sezione pari a: $6 < \frac{1}{2} PE < 25 \text{ mm}^2$ (PE = conduttore di protezione di sezione più elevata dell'impianto)
- Tutti i conduttori di protezione, con cavo unipolare isolato tipo H07V-K sezione calcolata, oppure:
 - o pari alla sezione di fase fino ad un valore di quest'ultima $< 16 \text{ mm}^2$
 - o pari a 16 mm^2 per una sezione di fase compresa tra 16 e 35 mm^2
 - o pari ad $\frac{1}{2}$ della sezione di fase per sezioni superiori a 35 mm^2
- il conduttore funzionale degli scaricatori di sovratensione con cavo unipolare isolato tipo H07V-K di sezione adeguata e lunghezza la minore possibile (si faccia riferimento alle indicazioni del costruttore per i dettagli di installazione)

Si raccomanda l'esecuzione di efficaci collegamenti equipotenziali principali laddove necessari (masse estranee entranti nell'edificio impianto). Le minime sezioni previste dalla normativa saranno ragionevolmente aumentate in caso di particolari e prevedibili sollecitazioni di natura meccanica e/o di altra natura.

4.8.3 Protezione contro i fulmini

L'installazione non modifica le caratteristiche dell'edificio, nè in altezza nè in dimensione. Si evidenzia quanto segue:

la presenza di elementi metallici di limitata sporgenza e di impianti elettrici sulla opertura dell'edificio non aumenta la probabilità di fulminazione dello stesso. In sostanza, la probabilità di fulminazione non viene modificata dall'introduzione del sistema fotovoltaico.

4.8.4 Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto idoneo allo scopo.

Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici possono non essere alloggiati in tubi o canali. Questi collegamenti, tuttavia, essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche di alcun tipo, né risultano ubicati in luoghi ove sussistano rischi di danneggiamento.

4.8.5 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti è assicurata dal seguente accorgimento:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di classe II;
- verifica del tempo di intervento delle protezioni (inferiore a 5s) in maniera tale che la tensione sulle masse non superi i 50V.

5 Calcoli e verifiche di progetto

5.1 Variazione della tensione con temperatura per la sezione C.C.

In corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici, dovranno essere verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

- $V_{mpp\ min} > V_{inv\ MPPT\ min}$
- $V_{mpp\ max} < V_{inv\ MPPT\ max}$
- $V_{oc\ max} < V_{inv\ max}$

dove $V_{inv\ MPPT\ min}$ e $V_{inv\ MPPT\ max}$ rappresentano rispettivamente i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca da parte dell'inverter della massima potenza, $V_{inv\ max}$ è il valore massimo di tensione c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter e $V_{oc\ max}$ è la massima tensione di circuito aperto ai limiti di temperatura estrema di esercizio calcolata a -10 °C.

5.2 Cablaggio linee AC e CC e criteri di dimensionamento

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti dovranno essere tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La scelta delle sezioni dei cavi dell'impianto oggetto della relazione è stata effettuata in base ai seguenti criteri:

- 1) Criterio della caduta di tensione: utilizzato come criterio di dimensionamento
- 2) Criterio termico: utilizzato come verifica al precedente criterio

5.2.1 Criterio della caduta di tensione

Con riferimento alla norma CEI 64/8 si è deciso di scegliere le sezioni dei cavi da installare considerando cadute di tensione massima del 2% della tensione in continua e di un 2% nella parte alternata.

Si precisa che la norma CEI 64/8 non raccomanda specificatamente la massima caduta di tensione ammissibile per un impianto, bensì una caduta di tensione massima del 4% tra l'origine dell'impianto utilizzatore ed un carico.

La caduta di tensione è stata calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = (2L\rho I_{mpp})/S$$

dove

L [mt]= lunghezza del cavo

ρ [Ω mm²/mt]= resistività specifica del cavo

I_{mpp} [A]= valore di corrente maximum power point

S [mm²]= sezione del cavo

Si sono assunti come valori di corrente e di tensione i valori corrispondenti ai valori di maximum power point per limitare le perdite nelle condizioni di migliore erogazione.

5.2.2 Criterio Termico

La verifica per sovraccarico è stata eseguita utilizzando le seguenti relazioni:

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

Tutti i collegamenti in serie tra i moduli sono realizzati con cavi unipolari solari da 6.0 mm².

Invece il collegamento a valle dell'inverter ed il quadro di parallelo è realizzato con tre cavi in rame da 120.0 mm² per ciascuna fase.

Pertanto le precedenti disuguaglianze risultano tutte soddisfatte.

5.3 Valutazione del rischio incendio

L'edificio oggetto di intervento è soggetto ai controlli di prevenzione incendi e pertanto sono state previste tutte le misure necessarie a soddisfare le prescrizioni normative.

Tutta l'impiantistica a servizio dell'impianto fotovoltaico transita all'esterno dell'edificio. Dovrà comunque essere previsto il pulsante di sgancio anche per la sola parte fotovoltaica. Azionando il pulsante generale dell'edificio scolastico il dispositivo di protezione di interfaccia toglierà alimentazione alla sezione di corrente alternata dell'impianto fotovoltaico.

I moduli fotovoltaici previsti dovranno essere di classe 1 o equivalente di reazione al fuoco e pertanto idonei all'installazione.

Al fine di favorire le operazioni in caso di emergenza si dovrà apporre a fianco di tutti i pulsanti di sgancio esistenti un cartello indicante che azionando tale dispositivo l'impianto elettrico dell'edificio non sarà sotto tensione a causa dell'impianto fotovoltaico.

Nei pressi di tutti i varchi di accesso all'edificio e al campo fotovoltaico, in posizione ben visibile, saranno installati appositi cartelli di avvertimento come indicato nell'immagine seguente:



5.4 Sistema di supervisione impianto

L'impianto sarà dotato di un sistema di controllo e di monitoraggio tale da permettere, per mezzo di datalogger con software dedicato, l'interrogazione in ogni istante dell'impianto, al fine di verificare la funzionalità delle stringhe, degli inverter installati, dei contatori installati. Con la possibilità di visionare la potenza istantanea prodotta, autoconsumata, prelevata e ceduta in rete.

I dati relativi all'impianto fotovoltaico saranno accessibili in loco, presso il sito di installazione, ed anche presso l'amministrazione comunale o qualsiasi postazione con apposite credenziali.

5.5 Verifiche tecnico funzionali dopo l'installazione

Al termine dei lavori la ditta installatrice 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, etc etc)
- Continuità elettrica e connessioni tra i moduli
- Messa a terra di masse e scaricatori
- Isolamento dei circuiti elettrici dalle masse

Inoltre dovrà essere rilasciata la seguente documentazione, da non intendersi esaustivo:

- dichiarazione di conformità impianto
- progetto esecutivo dell'impianto in forma as-built

6 Stima produzione media annua e bilancio energetico preliminare

La produzione media annua dell'impianto fotovoltaico è stimata essere in circa 417.000 kWh/annui. Poiché la produzione di energia avverrà nelle ore diurne, con ragionevole approssimazione, si confronta la produzione mensile con il consumo in fascia oraria F1 mensile.

Fascia	F1	Produzione FV	Fabbisogno residuo in F1	Energia ceduta in rete
Data	kWh	kWh	kWh	kWh
gen-23	6.241	16.205	0	9.964
feb-23	5.944	21.376	0	15.432
mar-23	5.916	35.958	0	30.042
apr-23	3.703	43.129	0	39.426
mag-23	4.857	49.817	0	44.960
giu-23	3.863	53.598	0	49.735
lug-23	2.483	56.999	0	54.516
ago-23	2.286	49.349	0	47.063
set-23	3.828	37.969	0	34.141
ott-23	6.081	25.199	0	19.118
nov-23	6.630	15.127	0	8.497
dic-23	5.345	12.825	0	7.480
	57.177	417.551	0	360.374

Fabbisogno complessivo annuo: 104.721 kWh

Stima fabbisogno attuale nelle ore diurne (F1): 57.177 kWh/anno

Stima autoproduzione complessiva annua: 417.551 kWh/anno

Stima autoconsumo in loco: 57.177 kWh/anno

Fabbisogno residuo nelle ore diurne (F1): 0 kWh/anno

La quantità di energia prodotta è sempre superiore all'energia prelevata in fascia F1, pertanto, in buona approssimazione, il fabbisogno di energia nelle ore diurne è pienamente coperto dalla produzione dell'impianto fotovoltaico.

L'impianto sarà in grado di coprire circa il 54% del fabbisogno complessivo annuo della scuola

L'energia prodotta in eccesso e ceduta in rete, sarà a disposizione delle altre utenze comunali grazie all'autoconsumo virtuale.

Il tecnico incaricato

Tiger Neo N-type 60HL4-(V) 460-480 Watt MONO-FACIAL MODULE

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



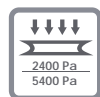
Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

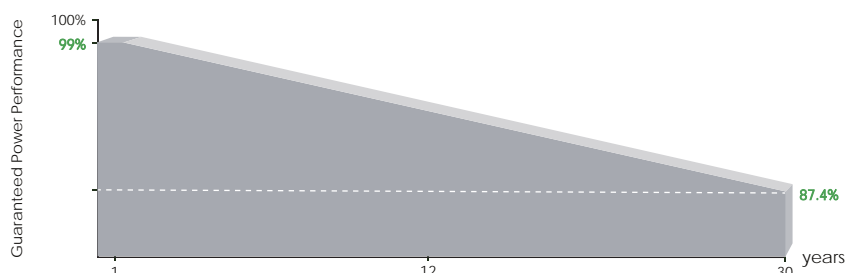


Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

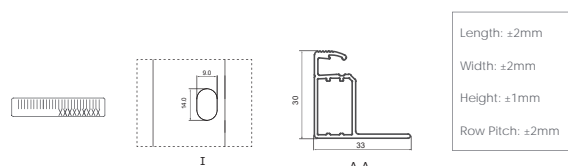
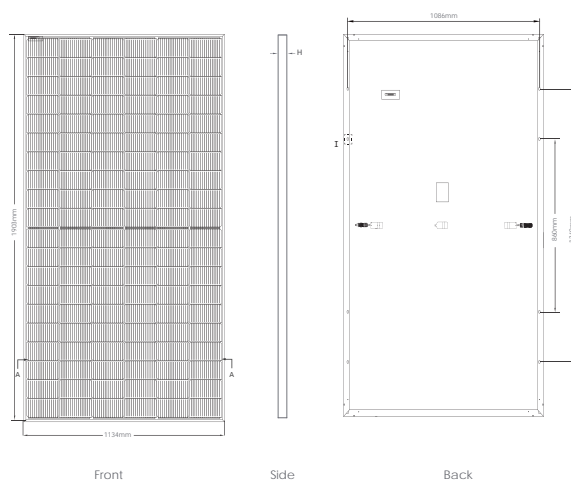


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

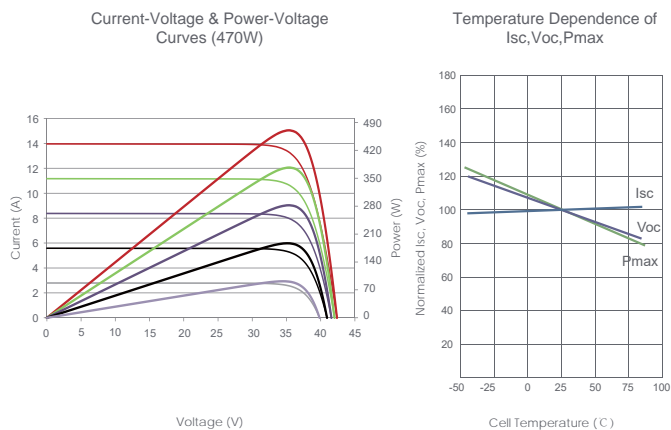


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 864pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	120 (6×20)
Dimensions	1903×1134×30mm (74.92×44.65×1.18 inch)
Weight	24.2 kg (53.35 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM460N-60HL4 JKM460N-60HL4-V		JKM465N-60HL4 JKM465N-60HL4-V		JKM470N-60HL4 JKM470N-60HL4-V		JKM475N-60HL4 JKM475N-60HL4-V		JKM480N-60HL4 JKM480N-60HL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	460Wp	346Wp	465Wp	350Wp	470Wp	353Wp	475Wp	357Wp	480Wp	361Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	34.72V	32.60V	34.89V	32.77V	35.05V	32.94V	35.21V	33.10V	35.38V	33.27V
Maximum Power Current (Imp)	13.25A	10.61A	13.33A	10.67A	13.41A	10.73A	13.49A	10.79A	13.57A	10.85A
Open-circuit Voltage (Voc)	42.05V	39.94V	42.22V	40.10V	42.38V	40.25V	42.54V	40.41V	42.71V	40.57V
Short-circuit Current (Isc)	13.99A	11.29A	14.07A	11.36A	14.15A	11.42A	14.23A	11.49A	14.31A	11.55A
Module Efficiency STC (%)	21.32%		21.55%		21.78%		22.01%		22.24%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC: Irradiance 1000W/m²

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m²

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

SUN2000-100KTL-M2

Smart PV Controller



10
MPP Trackers



98.8% (@480V)
Max. Efficiency



String-level
Management



Smart I-V Curve Diagnosis
Supported



MBUS
Supported



Support AFCI &
Smart String Level
Disconnect



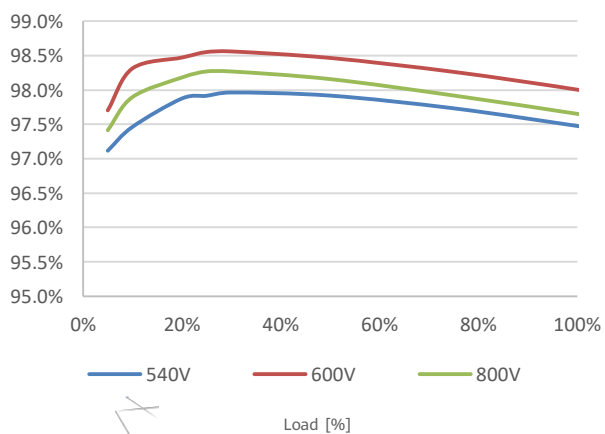
Surge Arresters for
DC & AC



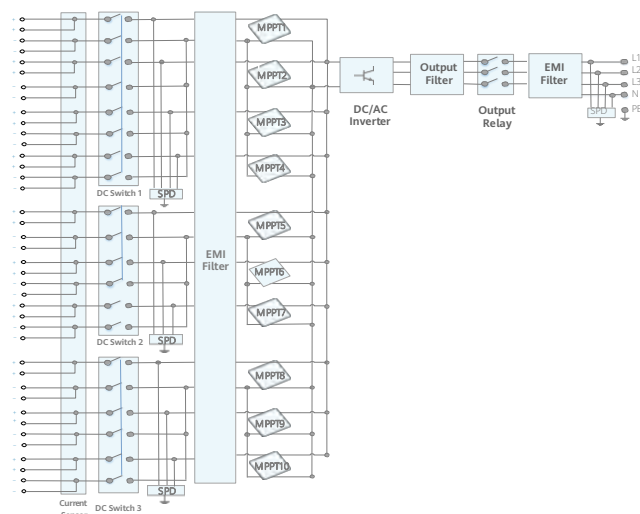
IP66
Protection

Efficiency Curve

SUN2000-100KTL-M2 @400 V



Circuit Diagram



Technical Specification	SUN2000-100KTL-M2
-------------------------	-------------------

Efficiency	
Max. efficiency	98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V
European efficiency	98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V

Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input ³	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Nominal Input Voltage	600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac
Number of MPP trackers	10
Max. input number per MPP tracker	2

Output	
Nominal AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Nominal Output Voltage	380 V/ 400 V/ 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Max. Output Current	160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Smart String Level Disconnecter	Yes

Communication	
Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Smart Dongle-4G	Smart Dongle – 4G / WLAN (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)

General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)	≤93 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 3.5 W

Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

*1 The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

*2 Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

*3 Single-string access.

SUN2000-150K-MG0

Smart PV Controller



Protezione da archi elettrici



Protezione da guasti
DC verso terra



Ripristino PID



Smart String Level
Disconnect (SSLD)

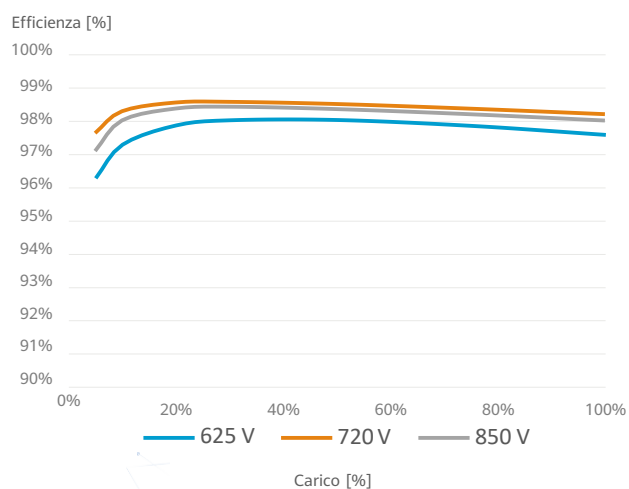


Smart Connector
Temperature Detector (SCTD)

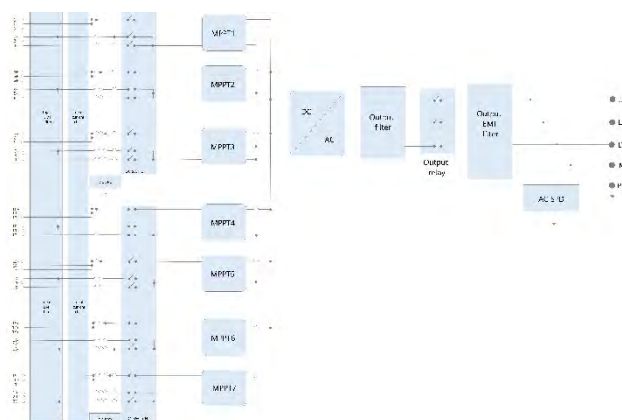


Comunicazione in PLC

Curva di Efficienza



Schema di circuito



Specifiche Tecniche

SUN2000-150K-MG0

Efficienza

Efficienza massima	98.6% @400V, 98.8% @480V
Efficienza ponderata	98.4%

Input

Tensione massima ¹	1100 V
Massima corrente per MPPT	48 A
Massima corrente per singolo ingresso stringa	23 A
Massima corrente di corto circuito per MPPT	66 A
Tensione minima di avvio	200 V
Intervallo di tensione di lavoro dell'MPPT ²	200 V - 1,000 V
Numero di MPPT	7
Ingressi stringa per MPPT	3

Output

Potenza attiva nominale	150000 W
Potenza apparente massima	165000 VA
Potenza attiva massima (cosφ=1)	165000 W
Tensione nominale	380 V/400 V/480Vac
Frequenza di rete nominale	50 Hz / 60 Hz
Corrente nominale	227.9 A @380 V, 216.5 A @400 V, 180.4A @480Vac
Corrente massima	253.2 A @380 V, 240.5 A @400 V, 200.5A @480Vac
Fattore di potenza	0.8 in anticipo... 0.8 in ritardo
Distorsione armonica totale (THD)	<1%

Protezioni

Protezione anti-isola	Sì
Protezione da sovracorrente AC	Sì
Protezione da polarità inversa DC	Sì
Monitoraggio guasti a livello di stringa	Sì
DC Surge	Tipo II
AC Surge	Tipo II
Controllo resistenza di isolamento DC	Sì
Controllo corrente residua	Sì
Smart String Level Disconnect (SSLD)	Sì
AFCI	Sì
Smart Connector Temperature Detection (SCTD)	Sì
Ripristino PID	Sì
Protezione da guasti FV-terra	Sì

Comunicazione

Display	Indicatori LED; adattatore WLAN + App FusionSolar
RS485	Sì
USB	Sì
Smart Dongle	Smart Dongle - 4G / WLAN (Opzionale)
Monitoring BUS (MBUS)	Sì (Trasformatore di isolamento richiesto)

Generali

Dimensioni (W x H x D)	1,000 x 710 x 395 mm
Peso	≤ 99 kg
Intervallo di temperatura operativa	-25°C - 60°C
Raffreddamento	Smart Air Cooling
Altitudine operativa massima	4000 m
Umidità relativa	0 - 100%
Connettori DC	Amphenol HH4
Connettore AC	Connettore waterproof + terminale OT/D
Grado di protezione	IP66
Topologia	Senza trasformatore

Standard (ulteriori disponibili su richiesta)

Certificazioni	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Codici di rete	CEI 0-16, CEI 0-21, VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

* 1 Un valore di tensione in ingresso maggiore può danneggiare irreparabilmente l'inverter.

* 2 Qualsiasi valore di tensione fuori da questo intervallo può risultare in un funzionamento non corretto dell'inverter.

FusionSolar Smart PV Management System



Better experience

- One APP for all access procedure
- Auto-definition of local components
- Module auto-mapping within 5s



Energy visualization

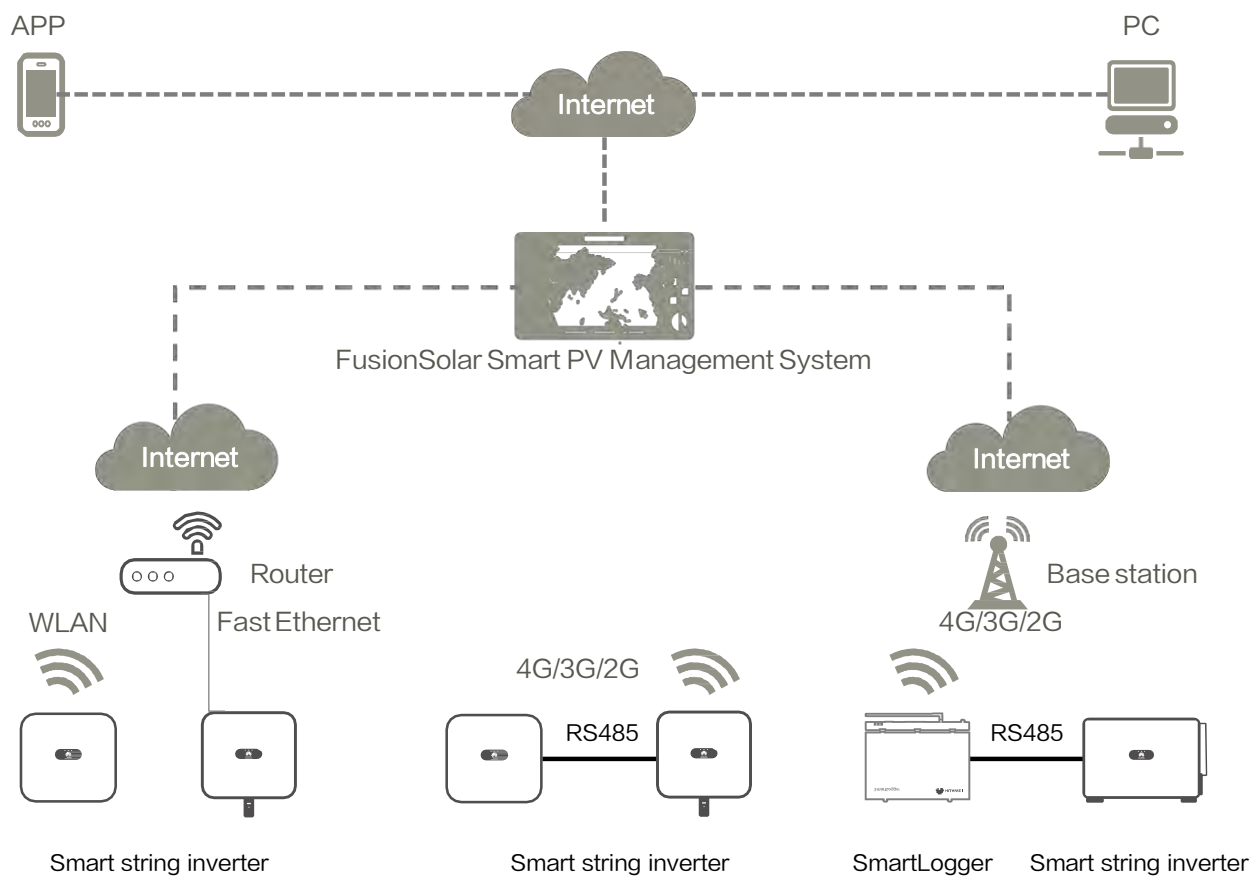
- KPI Dashboard, centralized management of multiple plants
- Module-level monitoring
- Report subscription and real-time alarm push




Smart O&M

- One-screen mgmt. of site, personnel, status
- One-click ticket dispatching & site navigation
- Online Smart I-V Curve Diagnosis, 15mins required for a 100MW plant diagnosis

Networking



Smart Power Sensor Technical Specifications

Technical Specification	SmartPS-100A-S0	SmartPS-80A-T0	DDSU666-H	DTSU666-H
General Specification				
Dimensions (H x W x D)	100 mm x 36 mm x 65.5 mm (3.9 in. x 1.4 in. x 2.6 in.)	100 mm x 72 mm x 80 mm (3.9 in. x 2.8 in. x 3.1 in.)	100 mm x 36 mm x 65.5 mm (3.9 in. x 1.4 in. x 2.6 in.)	100 mm x 72 mm x 65.5 mm (3.9 in. x 2.8 in. x 2.6 in.)
Mounting type	DIN35 Rail			
Weight (including cables)	1.2 kg	< 0.5 kg	1.2 kg (2.6 lb)	1.5 kg (3.3 lb)
Power Supply				
Power grid type	1P2W	3P3W/3P4W	1P2W	3P3W/3P4W
Input voltage (phase voltage)	176-288 V AC	90-500 V AC	176 V AC-288 V AC	
Power consumption	≤ 0.8 W	≤ 1.5 W	≤ 0.8 W	≤ 1 W
Measurement Range				
Line voltage	/	90-1000 V AC (> 500 with external PT ¹⁾)	/	304 V AC-499 V AC
Phase voltage	176-288 V AC	52-577 V AC	176 V AC-288 V AC	
Current	0-100 A	0-80 A (>80 with external CT ²⁾)	0-100 A	0-100 A
Measurement Accuracy				
Current/Voltage	±0.5%			
Power/Energy	±1%			
Frequency	±0.01 Hz			
Communication				
Interface	RS485			
Baud rate	4800/9600/19200/115200 (9600 bps by default)		9,600 bps	
Communication protocol	Modbus-RTU			
Environment				
Operating temperature range	-25°C to +60°C			
Storage temperature range	-40°C to +70°C			
Operating humidity	5% RH-95% RH (non-condensing)			
Others				
Accessories	RS485 Cable (10 m / 33 ft.)		RS485 Cable (10 m / 33 ft.)	
	1 CT 100 A / 40 mA (5 m / 16.4 ft.)		1 CT 100 A / 40 mA (5 m / 16.4 ft.)	3 CT 100 A / 40 mA (5 m / 16.4 ft.)
		/	