

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell' Energia

***Relazione per la prova finale
«Sistema di protezione pannelli
fotovoltaici»***

Tutor universitario: Prof. Luigi Alberti

Laureando: *Daniele Revelant*

Padova, 21/3/2024

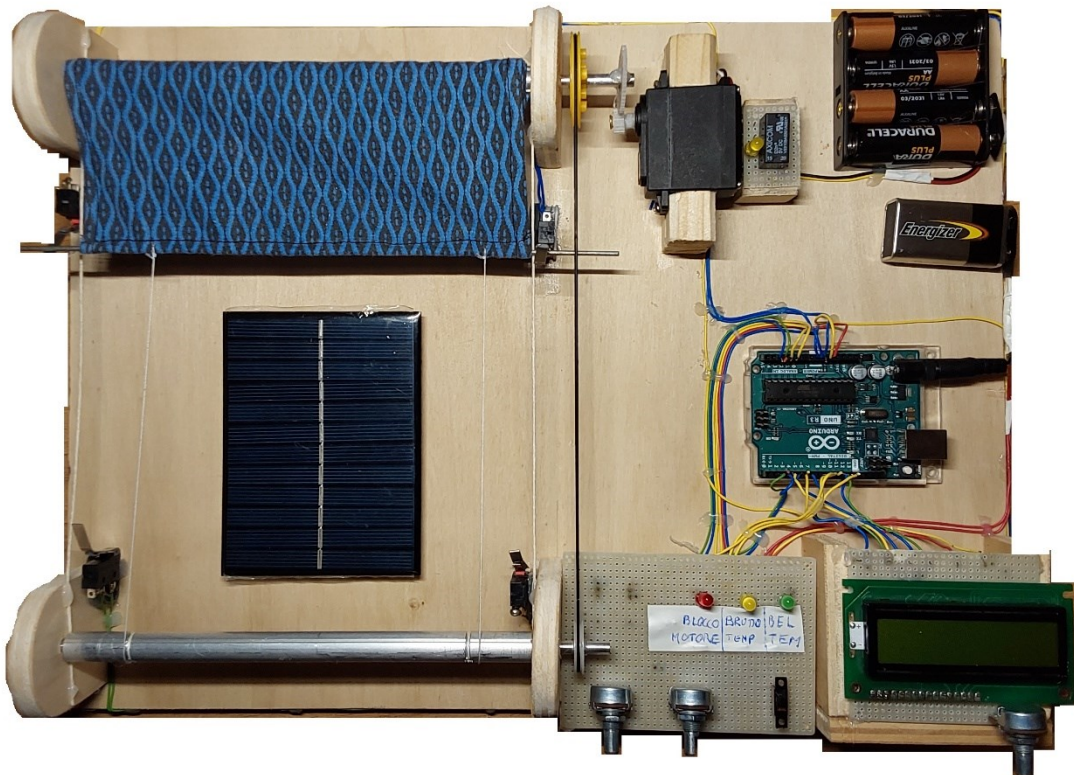
Il 24 luglio 2023 in Friuli Venezia Giulia, in particolare nella Bassa Friulana si sono verificate delle fortissime grandinate, le quali hanno provocato danni devastanti, tra i danneggiati i **PANNELLI FOTOVOLTAICI**.

Abitando poco lontano dall'evento, e non avendo subito danni, è nata l'idea di creare un sistema di protezione ai pannelli già esistenti.

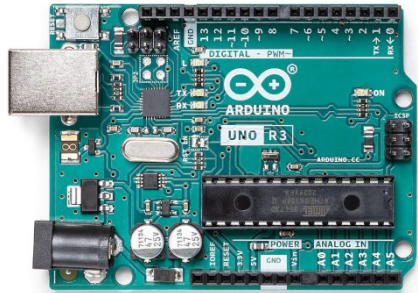
**PER IL PROGETTO SI CONSIDER UN
IMPIANTO DA 7kW
DALLA SUPERFICIE CONTINUA DI 30 mq.**



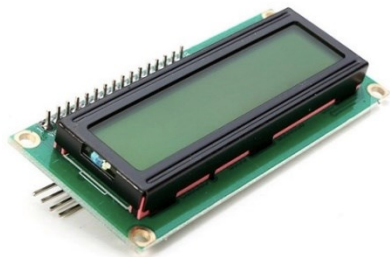
CREAZIONE DI UN PROTIPO PER LA FUTURA RELIZZAZIONE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE



Usando la scheda Arduino Uno si comanda il sistema di protezione. I segnali d'ingresso sono associati a sensori che identificano il maltempo, le uscite pilotano motore, monitor e led. Al motore è collegato il telo di protezione Led e monitor danno delle informazioni sullo stato dell'impianto.



Arduino Uno è una scheda microcontrollore.
Dispone di 14 pin di ingresso/uscita digitali (di cui 6 utilizzabili come uscite PWM), 6 ingressi analogici
Linguaggio di programmazione: C++



Display LCD 16x2
può visualizzare 16 caratteri per riga e ci sono due righe.
Ogni carattere ha 5×7 pixel a matrice.
utilizza driver Hitachi HD44780 standard.

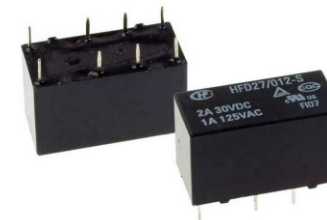
Visualizza stato sensori:
Luminosità e umidità



Servo motore 360°
Motore 5V capace di rotazione continua e velocità regolabile
Simula comportamento di motore induzione 220V collegato alla rete domestica



Potenzimetri
Regolazione
-contrasto schermo
-stato sensori
umidità luminosità

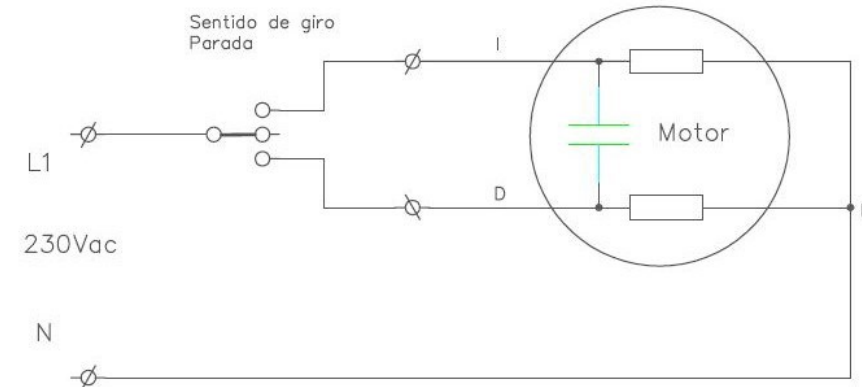


Relè 5V 1A
Interrompe l'alimentazione del motore, viene attivato da due fine corsa secondari di sicurezza

INVERSIONE MARCIA MOTORE ASINCRONO:

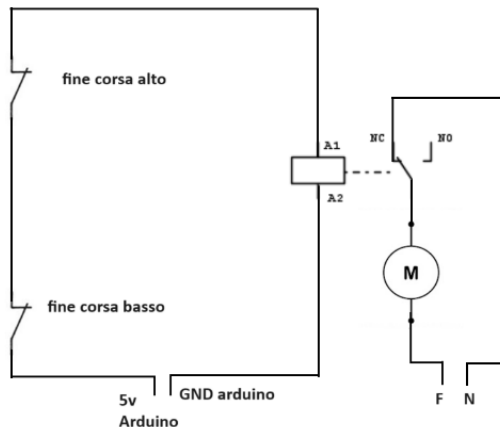
Si potrebbe scegliere di usare motori asincroni a 220V in 2 modalità:

- **Motore monofase** modifica collegamento alimentazione del motore rispetto al condensatore (economica e semplice, non regola velocità)
- **Motore trifase** Inverter VFD con (maggiore costi, permette regolazione velocità, miglior efficienza motore rispetto al monofase)



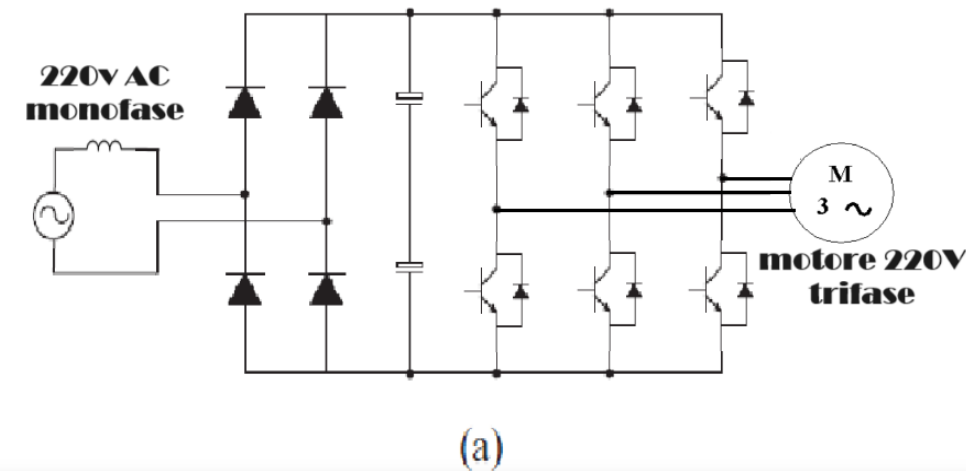
Di seguito si è considerato il motore monofase

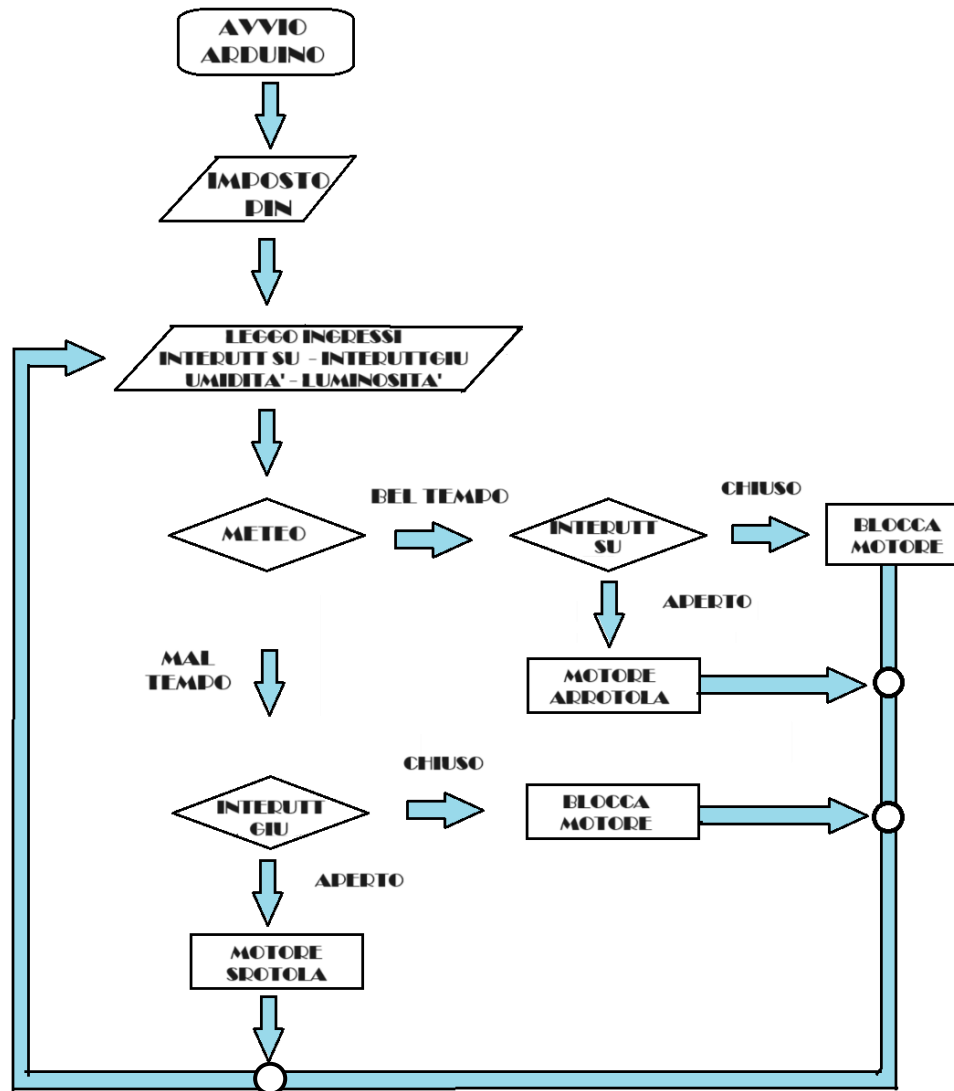
CIRCUITO PROTEZIONE AUSILIARIO CON RELE'



Per una protezione ulteriore del sistema di avvolgimento del telaio si usa un circuito secondario con la logica del 'positivo a mancare':

se Arduino è spento e quindi non fornisce i 5V di alimentazione, oppure gli interruttori di fine corsa ausiliari (N.C) vengono permuti il circuito si apre, la bobina del relè si diseccita quindi interrompe l'alimentazione al motore.





Spiegazione funzionalità Interrupt Arduino

Funzionalità fondamentale del microcontrollore Arduino.

Interrupt significa interruzione del ciclo.

2 pin specifici (2,3) leggono costantemente i segnali d'ingresso da 0 a 5V, suddividendoli negli stati HIGH o LOW in base al livello di tensione.

Ad un variazione di stato dei segnali viene associata una funzione impostabile dall'utente, la quale interrompe il ciclo Loop per la sua esecuzione.

In questo progetto, l'Interrupt è responsabile del blocco motore a seguito chiusura degli interruttori di fine corsa primari.

I pin interrupt sono associati allo stato dei fine corsa: quando vengono premuti (telo completamente arrotolato o srotolato) il segnale passa da uno stato HIGH ad uno LOW, (per Arduino questo è una commutazione di tipo FALLING) ed avviene il blocco motore.

Per la realizzazione in scala reale del telo protettivo si usano principalmente due materiali:

- Telo PVC
- Spugna/gomma piuma

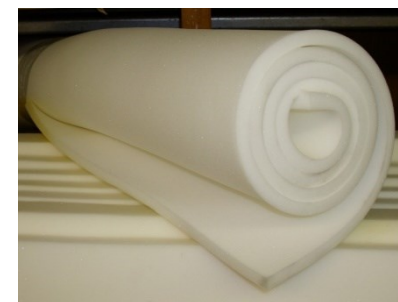
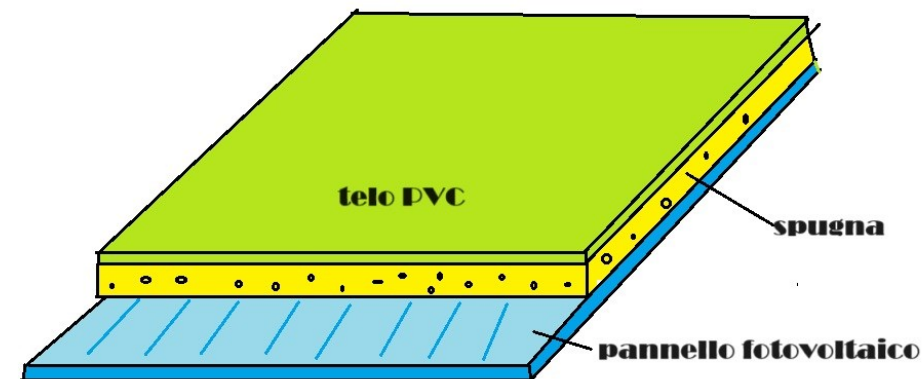
Il telo in PVC 900gr/mq di spessore 0,7 mm ha funzione idrorepellente verso la spugna e in parte anche di protezione diretta .

La spugna di spessore di 3-5cm in contatto diretto con il pannello ha la funzione di attutire l'impatto dei chicchi di grandine .

Il foglio di spugna di grandezza leggermente inferiore al telo (migliora protezione d'acqua) è incollato a questi tramite una colla.

Entrambi si avvolgono all'asta, collegata al motore tramite ingranaggi.

Un chicco di grandine di diametro 10cm (0,52kg), può raggiungere il suolo ad una velocità max di 50m/s, se il telo-spugna frena l' impatto del chicco (urto anelastico) in 0,01s , su una superficie d' impatto di 1cm², la forza che questo esercita sul telo è di 2600N < 8000N resistenza alla perforazione telo (teorema dell' impulso).



Resistenza Al Caldo/Freddo	-30°+70°
Peso Totale Gr/M ²	900 gr/mq
Resistenza A La Rottura	400/380 daN
Resistenza Allo Strappo	60/50 daN
Resistenza Alla Perforazione	8 kN



TAPPARELLA SOLARE/FOTOVOLTAICA

-PRO

- .alto livello protettivo
- .non influenza rendimento pannelli

-CONTRO

- .Elevati costi
- .Ogni tapparella protegge piccolo numero pannelli



RETE ANTIGRANDINE

-PRO:

- .Buon livello protettivo
- .Costi contenuti (costo rete 2€/mq)
- .Sistema meccanicamente semplice

-CONTRO:

- .Riduce rendimento pannelli (ombreggiatura circa 10%)
- .Non protegge da sporcizia portata da pioggia e vento (foglie, rami ecc...)

PANNELLI AD ALTE PRESTAZIONI (Sunpower Maxeon)

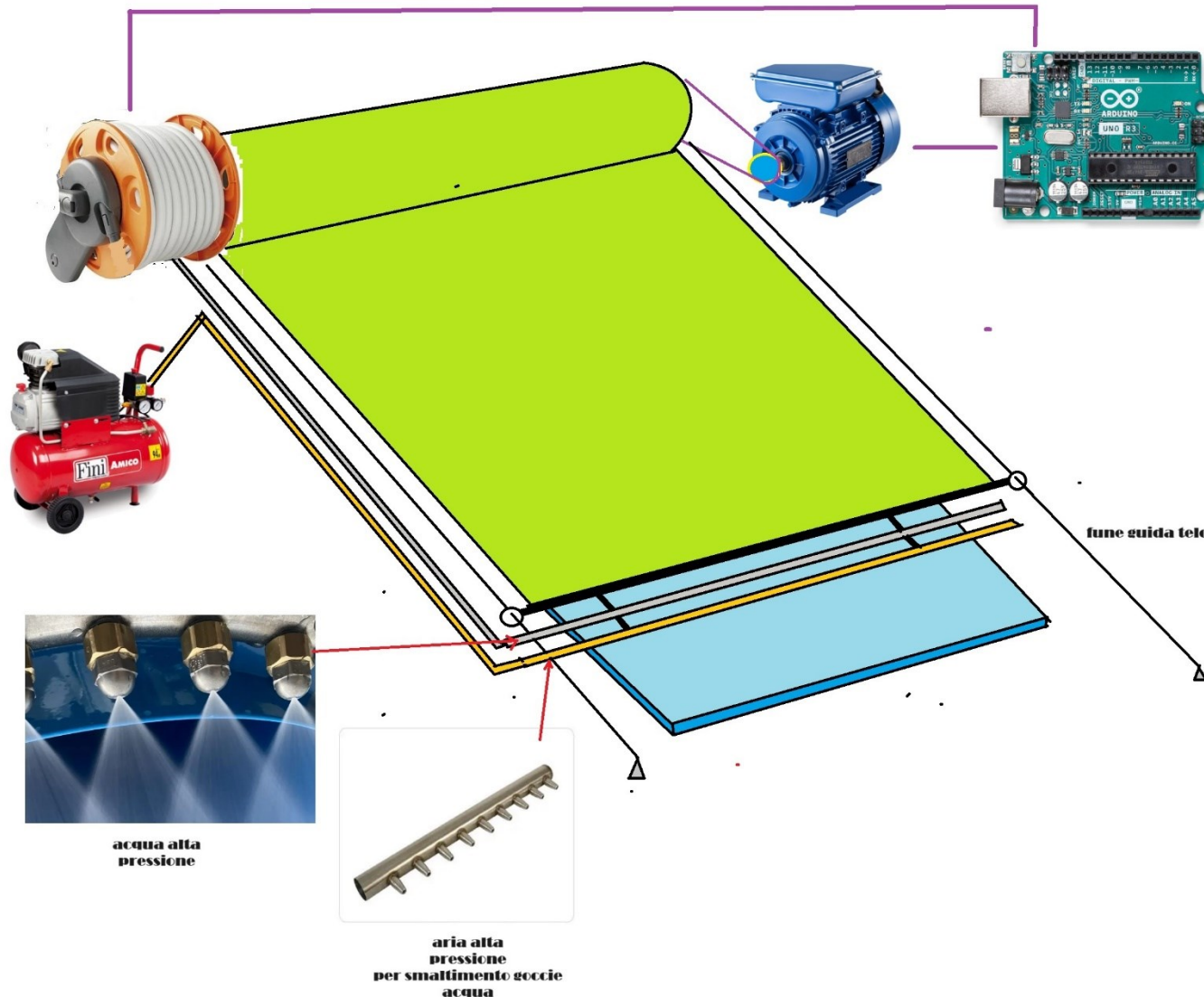
-PRO:

- .Alto rendimento, fino al 23%
- .Ottima resistenza meccanica
- .Buone prestazioni anche se parte del pannello è in ombra

-CONTRO:

- .Elevati costi, 4-5 volte il costo pannello standard
- .Testati per chicchi di grandine 25mm diam a 23m/s (<100mm diam a 50m/s)

Condizioni Operative e Dati Meccanici	
Temperatura	-40°C a +85°C
Resistenza all'impatto	Grandine del diametro di 25 mm a una velocità di 23 m/s
Celle solari	104 celle monocristalline Maxeon Gen 3
Vetro	Antiriflesso, temperato ad alta trasmissione
Scatola di giunzione	IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodi di bypass
Peso	19 kg
Carico massimo ⁶	Vento: 2400 Pa, 244 kg/m ² fronte e retro Neve: 5400 Pa, 550 kg/m ² fronte
Cornice	Alluminio anodizzato nero classe 1, massima classificazione AAMA



FUNZIONAMENTO SISTEMA PULIZIA

Per rendere più effettivo l'investimento si pensa di implementare la struttura con un sistema di pulizia dei pannelli, ricordando che la mancanza di questa influenza fino al 20% la resa dell'impianto.

Si pensi di collegare saldamente all'asta rigida situata all'estremità del telo due condutture rigide, le quali porteranno rispettivamente acqua e aria ad alta pressione.

Queste si muoveranno in sincronia con il telo. Si può dunque temporizzare un ciclo di pulizia, inizialmente con il telo in salita si espelle acqua ad alta pressione, poi durante una successiva discesa si attiva l'uscita dell'aria, la quale rimuove le gocce d'acqua residue sul pannello.

Stima approssimativa costi del progetto:

-Telo PVC 5x6 mt	400€	- Gomma piuma spessore 5cm	450€	
-Motore asincrono	150€	-Componenti elettronici (Arduino, finecorsa, cablaggi, ecc...)	150 €	
-Componenti meccanici (tubolare rotolo, supporti tubolare, funi scorrimento, ganci, cuscinetti, ecc..)	600€			TOT 1600€

Implementazione sistema di pulizia:

-Compressore	100€	-Pompa acqua alta pressione	100€	
-Ugelli	100€	-2 tubolari per passaggio aria ed acqua	150€	
-Tubo e avvolgi tubo acqua	150€	-Tubo e avvolgi tubo aria	100€	TOT 700€

Manodopera :

8ore * 3 giorni * 2 persone * 30€/ora		TOT 1440€
---------------------------------------	--	-----------

-Se l'impianto produce annualmente 7000kWh (senza la pulizia),
si ipotizza con la pulizia un miglioramento del 10%, del rendimento,
cioè + 700kWh * 0,15€/kWh (contratto scambio sul posto) = 105€/anno

Manutenzione ordinaria impianto 50€/anno

**TOTALE circa 3500€ e 50€/anno di guadagno da
miglioramento efficienza
in 10 anni 3000€**

VALUTAZIONE DIVERSI SCENARI:

Considerando la sostituzione:

costo pannelli + installazione (impianto 30mq), 15 pannelli da 1722*1134mm da 400W,
 $100\text{€}/\text{pannello} * 15\text{pannelli} = 1500\text{€}$ + installazione 500€

2000€ (una tantum)

Pulizia tramite operatore (2 volte anno)

300€/anno

in 10 anni 3000€

Protezione con rete antigrandine

calo del rendimento causa ombreggiatura del 15%

che comporta una perdita di

$1050\text{kWh} * 0,15\text{€/kWh} = 157\text{€/anno}$, manutenzione ordinaria 50€/ anno

1000€(installazione)

in 10anni 3000€

CONCLUSIONI:

In un periodo di 10 anni risulta una discreta alternativa soprattutto nel caso di implementazione con il sistema di pulizia, in quanto il costo è il medesimo della pulizia tramite operatore, ma assicurando la protezione dei pannelli. Nell'ipotesi in cui i pannelli si inclinino, il sistema di protezione non risulterebbe adeguato poiché la struttura richiederebbe una solida base d'appoggio, che aumenterebbe i costi.