



# TEACHERS' DOSSIER: PROJECT- BASED LEARNING

MODULE 3

INTELLECTUAL  
OUTPUT 2

2020-1-ES01-  
KA202-082440



With the support of the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

*Questo progetto è stato finanziato con il sostegno della Commissione europea. Il presente documento riflette esclusivamente il punto di vista dell'autore (o degli autori) e la Commissione non può essere ritenuta responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni in esso contenute.*

Autori:

Area Europa srl

Eszterhazy Karoly Egyetem

Federazione EFAS CV la Malvesía

Fondazione della Comunità Valenciana per un'economia a basso consumo di carbone

Jävarmaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnje EUROPEA Polska

2022



<b>OBIETTIVI DI QUESTO MODULO</b> .....	<b>1</b>
<b>PROGETTI PRATICI PROTOTIPI IN CLASSE</b> .....	<b>2</b>
TERMOSIFONE .....	2
Descrizione .....	2
Obiettivi pedagogici .....	2
Materiale richiesto .....	2
Strumenti necessari .....	3
Costruzione passo-passo (con illustrazioni) .....	3
Come funziona? .....	6
Materiale audiovisivo .....	6
STAZIONE DI TEMPERATURA E UMIDITÀ .....	7
Descrizione .....	7
Obiettivi pedagogici .....	7
Materiali e strumenti necessari .....	7
Calcoli .....	8
Calcoli passo dopo passo (con illustrazioni) .....	11
Materiale audiovisivo .....	15
<b>PROTOTIPI SPERIMENTALI</b> .....	<b>16</b>
LE SERRE E LE TENDE CINEMATOGRAFICHE SONO UNO DEI MODI PIÙ SEMPLICI PER UTILIZZARE L'ENERGIA SOLARE .....	16
Gestione di serre e tende cinematografiche .....	16
Perché usiamo le serre? .....	16
Materiali per serre, tende a foglio .....	16
Tipi e forme di serre e tende cinematografiche .....	16
Tenda in foglio di alluminio di tipo cinese .....	17
Letti in foil .....	19
Sala del clima .....	20
Vantaggi dell'utilizzo .....	22
"Tende per film sperimentali "Energia per l'agricoltura" .....	22
STUDIO DELL'INSTALLABILITÀ DI SISTEMI IBRIDI (SOLARE-EOLICO) .....	27
Fasi per l'installazione di sistemi di produzione di energia solare .....	27
Valutazione dell'idoneità climatica .....	27
Fattori che riducono l'efficienza dell'uso dell'energia solare .....	27
Valutazione del potenziale solare .....	28
Indagine sulle condizioni e le dotazioni locali .....	29
Utilizzo del calcolatore di orientamento: .....	30
Prestazioni delle celle solari .....	31
Quali fattori possono influenzare il rendimento effettivo di un impianto solare? .....	31
I fattori che influenzano le prestazioni delle celle solari sono i seguenti .....	32
Come possiamo tenere conto di questi fattori? .....	32
Condizioni climatiche del vento .....	32
Valutazione del potenziale eolico .....	32
Fattori che riducono l'efficienza dell'uso dell'energia eolica .....	35
Installazione di sistemi ibridi (energia solare + eolica insieme) .....	35
<b>ALLEGATO</b> .....	<b>43</b>
GLOSSARIO .....	43
ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI .....	43
RIFERIMENTI, SITI WEB UTILI .....	43

## **Obiettivi di questo modulo**

Nelle righe che seguono sono presentati diversi prototipi pratici di strumenti utili per il settore agricolo che lavorano con le energie rinnovabili. In questo senso, i prototipi sono realizzati per progetti su piccola scala che possono essere implementati nei corsi di formazione professionale in agricoltura. L'aula può essere adattata e includere questi prototipi per far lavorare gli studenti individualmente o in gruppo in sistemi che possono essere applicati nel mondo reale. Le diverse opzioni possono essere incluse in una o più materie, a seconda delle necessità degli studenti dell'IFP.

Per dimostrare come sia possibile includere le energie rinnovabili nell'agricoltura, i partner del progetto Energy for Farming hanno creato 2 prototipi pratici che utilizzano l'energia solare e 2 prototipi sperimentali in agricoltura. Il lettore troverà gli obiettivi pedagogici di ciascun prototipo, ma anche le fasi concrete di costruzione e il materiale che deve essere utilizzato durante la creazione dei modelli.

## Prototipi di progetti pratici in classe

Juan Jorro, Lucía Toledo e José Segarra

### Termosifone

#### Descrizione

Un termosifone è un collettore d'acqua solare. Di solito, i collettori solari d'acqua sono composti da una superficie che cattura la radiazione solare, ma anche da un circuito termico, spesso costituito da tubi, attraverso cui passa l'acqua. Per raggiungere una temperatura più elevata, è necessario includere una copertura trasparente che permetta di creare un effetto serra e una scatola isolata. Nel caso del seguente prototipo, la circolazione dell'acqua dal collettore al serbatoio avviene per circolazione naturale<sup>1</sup> sfruttando la diversa densità tra acqua fredda e calda (termosifone).

L'effetto termosifone si ha quando l'acqua calda sale verso il serbatoio perché ha una densità minore rispetto all'acqua fredda, che scende verso la base del serbatoio. Per ottenere l'effetto termosifone, è necessario posizionare il serbatoio dell'acqua sopra il collettore solare, come descritto nelle pagine seguenti.

#### Obiettivi pedagogici

- Insegnare la densità dell'acqua
- Insegnamento dell'effetto termosifone
- Calcolo delle lunghezze
- Capire l'energia solare
- Utilizzi applicabili dell'energia solare

#### Materiale richiesto

#	MATERIALE	UNITÀ
1.	Scatola in polistirene espanso <sup>2</sup>	1 42,5x35x10 <sup>3</sup>
2.	Tubo per irrigazione a goccia (16 mm)	1 160 cm
3.	Tubo per microirrigazione a goccia (diametro 3 mm)	1 640 cm

<sup>1</sup> È anche possibile utilizzare una pompa per la circolazione dell'acqua (circolazione forzata).

<sup>2</sup> Può essere di altro materiale, come il legno, ma è necessario rivestirlo con un materiale isolante.

<sup>3</sup> Lunghezza, larghezza, altezza

4.	Connettore spinato per irrigazione a goccia (4 mm)	40
5.	Gomito doppio spinato [tipo L]	4 16x16
6.	Contenitore dell'acqua	1
7.	Boccola a parete filettata in PVC ½"	2
8.	Raccordo di riduzione ½ x 16 mm	2
9.	Tappo del tubo flessibile	2



Figura 1. Materiali

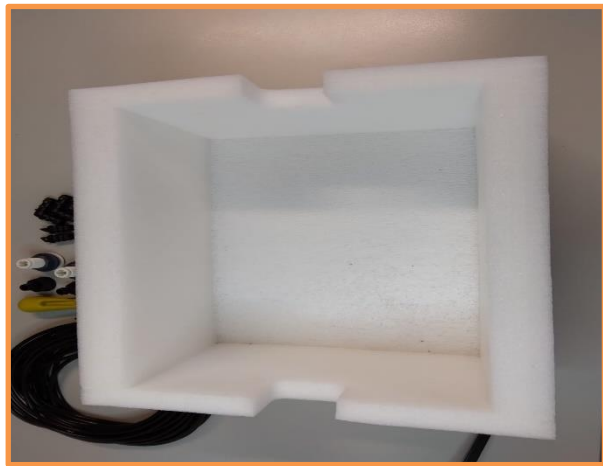


Figura 2. Scatola di polistirolo espanso

## Strumenti necessari

1. Punzone con estrattore
2. Pinze (facoltative)
3. Trapano
4. Trapano piatto per creare un foro circolare
5. Forbici
6. Taglierina
7. Adesivo<sup>4</sup>

## Costruzione passo dopo passo (con illustrazioni)

1. Ritagliare la base del polistirolo espanso nel caso in cui sia troppo alto<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Può essere colla, nastro adesivo, silicone...

<sup>5</sup> Se è troppo alto, può creare ombre.

**CONSIGLIO:** la base può essere di un colore più scuro per trattenere maggiormente il calore.

2. Misurare la scatola, in modo da tagliare il tubo in base a questa misura.
3. Tagliare i tubi di irrigazione a goccia in due pezzi di circa 5 cm in più rispetto alla scatola.
4. Praticare un totale di quattro fori sui lati della scatola. I fori serviranno per far passare i tubi dell'irrigazione a goccia.
5. Inserire nei fori i due tubi di irrigazione a goccia, che costituiranno la tubazione principale del termosifone.
6. Segnare i bordi dei tubi, in base al bordo del tubo con la scatola (la parte interna).
7. Misurare la distanza tra i due tubi da un lato all'altro.
8. Tagliare i tubi di microirrigazione a goccia in base alla lunghezza tra i due tubi. In questo caso, sono stati tagliati in totale 20 tubi.
9. Praticare i fori nel tubo principale con la punzonatrice. Un totale di 20 fori per tubo.
10. Attaccare i connettori spinati nelle due parti dei tubi di irrigazione a microgoccia che sono state tagliate. Per i 20 microtubi sono necessari 40 connettori spinati.

**SUGGERIMENTO:** annegare le estremità dei tubi di microirrigazione in acqua calda per ammorbidire temporaneamente i tubi e spingere più facilmente i connettori a spine al loro interno.

11. Inserire i connettori a spillo collegati ai microtubi nella tubazione principale.

**SUGGERIMENTO:** utilizzare le pinze per posizionare i connettori spinati nei fori della tubazione principale. In questo modo il processo sarà più semplice.

12. Collegare i doppi gomiti nella parte esterna della tubazione principale. In totale sono necessari quattro gomiti doppi.
13. Segnare i punti in cui verranno creati i fori nel contenitore dell'acqua.
14. Praticare due fori circolari nel contenitore dell'acqua per posizionare le boccole a muro filettate in PVC.

**OPZIONALE:** nel caso in cui non sia possibile inserire le boccole a muro attraverso il contenitore, la parte superiore del contenitore può essere tagliata per inserire i pezzi al loro posto.

15. Posizionare e avvitare le boccole a muro nei fori del contenitore dell'acqua.
16. Avvitare la filettatura femmina nelle boccole a parete.
17. Posizionare i connettori che andranno dai doppi gomiti alle filettature femmina delle boccole a muro per collegare il contenitore dell'acqua alla scatola.

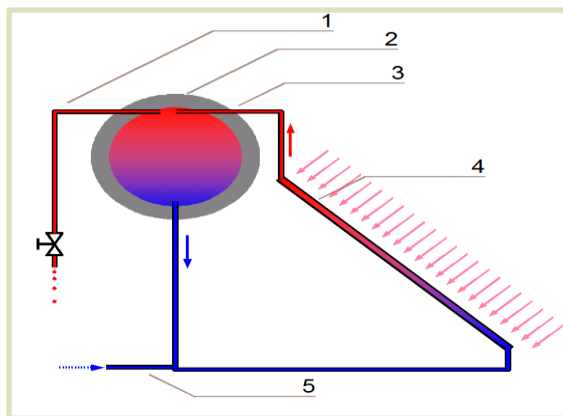
18. Per concentrare il calore nella scatola, si utilizza un vetro in polimetilmetacrilato. Posizionarlo e fissarlo sulla scatola.

**FACOLTATIVO:** Se il vetro non è della misura della scatola, sarà necessario realizzarlo su misura per adattarlo.

19. Per avere un'inclinazione, sarà necessario creare una base di appoggio supplementare che sollevi il contenitore dell'acqua e la base solare.

**SUGGERIMENTO:** se avete dovuto tagliare la base, utilizzate i resti del polistirolo espanso per creare l'inclinazione.

**IMPORTANTE:** per rendere possibile l'effetto termosifone e avere una circolazione naturale dell'acqua, è necessario che l'uscita superiore del collettore solare sia a un livello inferiore rispetto all'ingresso dell'entrata superiore del contenitore dell'acqua.



Riscaldatore d'acqua con termosifone (schema):

- 1: al rubinetto dell'acqua
- 2: serbatoio isolato
- 3: ingresso acqua calda
- 4: collettore solare piano
- 5: ingresso acqua dolce

Figura 3. Effetto termosifone (CC BY-SA 3.0) <sup>6</sup>

20. Posizionare il termosifone, collegare le basi di supporto supplementari e misurare la distanza tra le filettature femmina delle bocche a muro e i gomiti e tagliare i tubi di irrigazione a goccia in base a questa misura. Questo servirà per collegare il contenitore dell'acqua e la base.
21. Collegare il contenitore dell'acqua alla scatola di polistirolo espanso con i due tubi di irrigazione a goccia realizzati su misura.
22. Incollare il supporto supplementare nel contenitore dell'acqua e nella scatola con la colla.

**ECCO IL VOSTRO TERMOSIFONE!**

<sup>6</sup> <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=793066>



### **Proviamo!**

Per testare il termosifone, collocare il prototipo in un luogo esposto ai raggi del sole e lasciarlo riposare per qualche ora. È possibile testare la temperatura dell'acqua in anticipo.

Dopo aver tenuto il termosifone al sole per qualche ora, si può misurare la temperatura del contenitore d'acqua superiore e di quello inferiore. Se il termosifone funziona, si noterà un'importante differenza di temperatura.

## **Come funziona?**

In questo semplice prototipo di scaldacqua solare a termosifone, il corpo principale dell'acqua (serbatoio dell'acqua) si trova nel punto più alto del sistema. L'acqua viene spostata verso il basso dal serbatoio nel tubo dell'acqua (che esce vicino alla base del serbatoio).

L'acqua riscaldata diventa meno densa di quella fredda, quindi sale nei tubi che risalgono fino a un punto del contenitore dell'acqua. Il fenomeno che porta il liquido riscaldato a salire verso l'alto si chiama convezione naturale.

Il calore e l'effetto sifone sono le due chiavi di un sistema a circolazione libera.

Nel frattempo, nel serbatoio si verifica un fenomeno chiamato stratificazione. L'acqua continua a circolare lentamente anche nel serbatoio, ma gradualmente l'acqua più fredda si deposita sul fondo del serbatoio, mentre quella più calda rimane in cima. In questo modo, ci sono diversi livelli di temperatura.

## **Materiale audiovisivo**

Questo materiale è un aiuto in più per la spiegazione passo-passo.

Ecco il link: <https://youtu.be/QcAHHdUoQnY>

## Stazione di temperatura e umidità

### Descrizione

Questa stazione di temperatura e umidità è stata utilizzata per ottenere informazioni sul terreno. Per trasferire le informazioni ricevute dalla stazione, il sistema Arduino le trasforma in dati leggibili.

I sistemi Arduino sono piattaforme elettroniche open-source basate su hardware e software di facile utilizzo. Una scheda Arduino può leggere gli input e trasformarli in dati (che possono essere visualizzati su un display a LED, su una piattaforma online, ecc.)

In questo prototipo è stato costruito un Arduino per la lettura dell'umidità e della temperatura del suolo, utilizzando un pannello solare per ottenere l'elettricità necessaria a farlo funzionare. L'Arduino visualizzerà le informazioni su una piattaforma online, per un controllo remoto più comodo. Se si preferisce, si può utilizzare anche un display a LED, ma il consumo dello schermo dovrà essere aggiornato nei calcoli.

### Obiettivi pedagogici

- Migliorare la comprensione della tecnologia del mondo reale
- Competenze in inglese
- Migliorare la comprensione delle energie rinnovabili in agricoltura
- Acquisire conoscenze costruendo apparecchiature funzionali
- Formule di base per ottenere dati specifici relativi all'energia solare

### Materiali e strumenti necessari

DESCRIZIONE	UNITÀ
Sistema di temperatura e umidità	
KeeYess <sup>7</sup>	1
Batteria 5V	1
Pannello fotovoltaico 10W	0
Pannello fotovoltaico 18W	1

<sup>7</sup> Include un modulo display OLED IIC di grandi dimensioni da 1,3", abbinato alla NodeMCU ESP8266 e al modulo BME280 per ottenere i dati meteo.

Sensore di umidità	1
Sensore di temperatura	1

## Calcoli

$$\text{Consumption (Wh/day)} = \frac{(mA) \cdot (V) \cdot (24h)}{1000}$$

<b>CONSUMO</b>			
	Consumo. (mA)	Tensione (V)	Consumo. (Wh/giorno)
Scheda Arduino	70		
Sensori H & T	2,5		
Umidità del suolo	5		
<b>TOTALE</b>	<b>77,5</b>	<b>3,3</b>	<b>6,138</b>

$$\text{Battery Autonomy (h)} = \frac{\text{Battery capacity (mAh)}}{\text{Consumption (mA)}}$$

<b>AUTONOMIA (senza sole)</b>		
Capacità della batteria (mAh)	Orario (h)	Giorni (d)
2000	25.81	1.08
5000	64.52	2.69
10000	129.03	5.38
20000	258.06	10.75

Dossier per gli insegnanti: progetti pratici in classe

La tabella seguente mostra la produzione fotovoltaica per 3 diverse potenze di moduli fotovoltaici (5, 10 e 18Wp), sulla base dei dati estratti da PVGIS per la località LowCarbon Economy, e per un'inclinazione dei moduli fotovoltaici di 30° e 0° azimut.

PRODUZIONE							
Irradiazione fissa (W/m2)		5 Wp		10 Wp		18 Wp	
		Produzione (Wh/d)		Produzione (Wh/d)		Produzione (Wh/d)	
		GENNAIO	GIUGNO	GENNAIO	GIUGNO	GENNAIO	GIUGNO
0:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0	0.00	0.09	0,00	0,19	0,00	0,34
6:00	0	0.00	0.42	0,00	0,84	0,00	1,51
7:00	0	0.00	1.09	0,00	2,19	0,00	3,93
8:00	32,86	0.14	1.82	0,27	3,64	0,49	6,55
9:00	71,57	0.30	2.52	0,59	5,03	1,06	9,06
10:00	543,92	2.24	3.05	4,49	6,10	8,08	10,98
11:00	647,54	2.67	3.36	5,35	6,71	9,62	12,08
12:00	683,57	2.82	3.52	5,64	7,03	10,16	12,66
13:00	656,57	2.71	3.32	5,42	6,64	9,76	11,96
14:00	542,42	2.24	2.94	4,48	5,88	8,06	10,58
15:00	394,19	1.63	2.37	3,25	4,74	5,86	8,54
16:00	36,37	0.15	1.62	0,30	3,25	0,54	5,84
17:00	0,03	0.00	0.89	0,00	1,77	0,00	3,19
18:00	0	0.00	0.26	0,00	0,52	0,00	0,94

19:00	0	0.00	0.03	0,00	0,07	0,00	0,12
20:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALE</b>		14.90	27.30	29,79	54,61	53,63	98,30

Come si evince dai dati ottenuti, la produzione fotovoltaica giornaliera di un modulo fotovoltaico da 5 Wp (14,9 Wh/d) sarebbe più che sufficiente a produrre l'energia giornaliera richiesta dal sistema (6.138 Wh/d).

## Calcoli passo dopo passo (con illustrazioni)

1. Prima di tutto, dobbiamo calcolare il **consumo**. A tal fine, calcoliamo il consumo energetico giornaliero della stazione meteorologica come somma dei consumi dei singoli componenti.

Ad esempio:

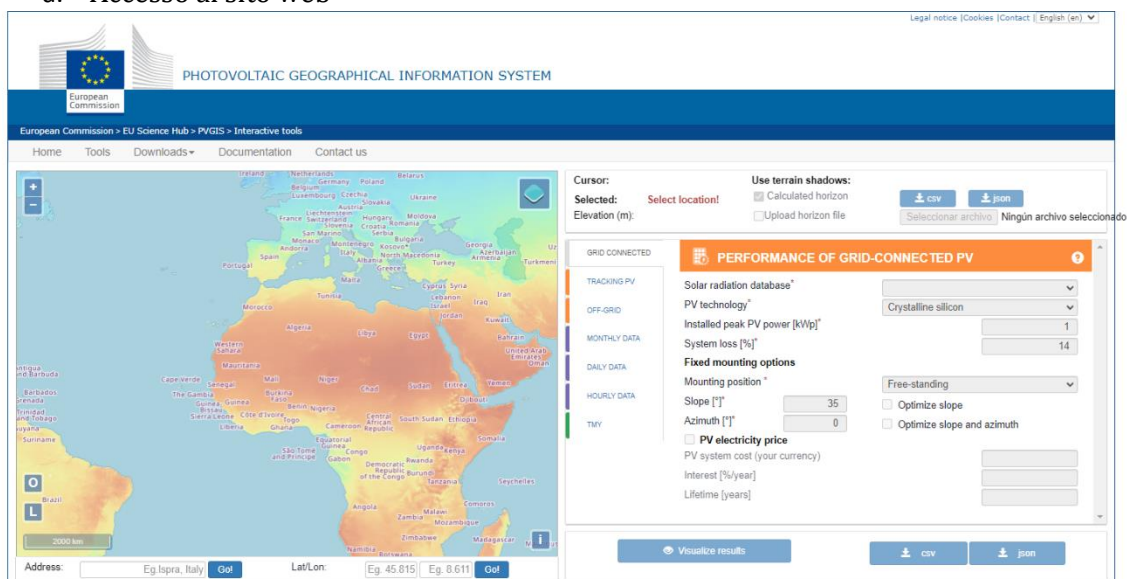
- NodeMCU (Arduino): 70 mA a 3,3 V
- Sensore di temperatura e umidità: 2,5 mA a 3,3V
- Sensore di umidità del suolo: 5 mA a 3,3V

$$\text{Daily consumption} = \frac{(70 + 2.5 + 5)}{1000} A * 3,3V * 24h = 6,14 Wh$$

2. In secondo luogo, si prosegue con la **produzione, calcolando la potenza di picco del pannello fotovoltaico**. Per calcolare la potenza di picco del pannello fotovoltaico è necessario conoscere la produzione solare che si può ottenere nel luogo in cui si trova la stazione meteorologica. Queste informazioni possono essere ottenute con lo strumento del sito web PGIS:

[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)

- a. Accesso al sito web



- b. Selezionare la posizione sulla mappa

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

PV technology\* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]\* 1

System loss [%]\* 14

Fixed mounting options

Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

csv json

c. Nel riquadro della potenza fotovoltaica di picco installata [kWp], selezionare 1 kWp per

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

PV technology\* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]\* 1

System loss [%]\* 14

Fixed mounting options

Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

csv json

il calcolo.

d. Attivare la casella di controllo Ottimizza pendenza.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231  
Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

TRACKING PV: Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

OFF-GRID: PV technology\* Crystalline silicon

MONTHLY DATA: Installed peak PV power [kWp] 1

DAILY DATA: System loss [%] 14

HOURLY DATA: Fixed mounting options

TMV: Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

csv json

e. Fare clic sul pulsante per visualizzare i risultati.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231  
Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

TRACKING PV: Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

OFF-GRID: PV technology\* Crystalline silicon

MONTHLY DATA: Installed peak PV power [kWp] 1

DAILY DATA: System loss [%] 14

HOURLY DATA: Fixed mounting options

TMV: Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

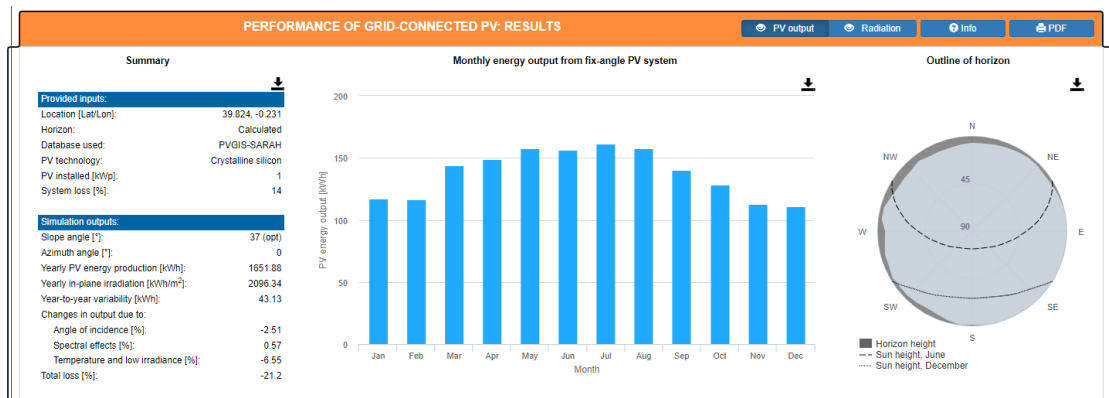
Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

csv json

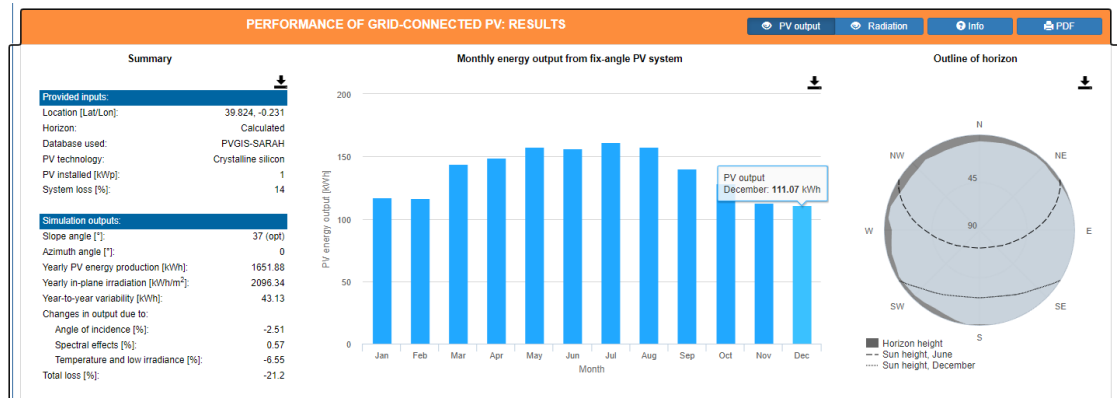
f. A sinistra, indica l'angolo di pendenza per la posizione scelta.





- g. Nel grafico, posizioniamo il cursore sul mese con la produzione più bassa, per calcolare lo scenario peggiore.

Nell'esempio, il mese di dicembre ha una produzione mensile di 111,07 kWh/mese per 1 kWp installato.



- h. Calcolare la **produzione giornaliera** dividendo la cifra precedente per il numero di giorni del mese.

$$\text{Daily production} = \frac{\text{Monthly production}}{\# \text{ days per month}}$$

Nell'esempio:

$$\text{Daily production} = \frac{111,07 \frac{\text{kWh}}{\text{month} \cdot \text{kWp}}}{31 \text{ days/months}} = 3,58 \frac{\text{kWh}}{\text{day} \cdot \text{kWp}} = 3,58 \frac{\text{Wh}}{\text{day} \cdot \text{Wp}}$$

- i. Sarà quindi necessario che l'energia prodotta dal sistema sia maggiore di quella consumata:

$$\text{Daily production} \geq \text{Daily consumption}$$

La potenza di picco del pannello viene calcolata con la seguente formula:

$$\text{Peak power (Wp)} \geq \frac{\text{Daily consumption (Wh/day)}}{\text{Daily production} \left( \frac{\text{Wh}}{\text{Wp} \cdot \text{day}} \right)}$$

Nell'esempio:

$$\text{Peak power (Wp)} \geq \frac{6,14 \text{ (Wh/day)}}{3,58 \left( \frac{\text{Wh}}{\text{Wp} \cdot \text{day}} \right)}$$

$$\text{Peak power (Wp)} \geq 1,72 \text{ Wp}$$

La potenza di picco del pannello fotovoltaico da selezionare per il progetto di esempio deve essere di almeno 1,72 Wp.

3. Ora è il momento di calcolare la **capacità della batteria**.
- a. La capacità della batteria dipende dall'autonomia del sistema e dal suo consumo.

$$\text{Battery capacity (Wh)} \geq \text{Daily consumption (Wh)} \cdot \text{Autonomy (días)}$$

$$\text{Battery capacity (mAh)} \geq \text{Battery capacity} \frac{\text{(Wh)}}{\text{(V)}} \cdot \text{Battery consumption (V)} \cdot 1000$$

Seguendo l'esempio e per un'autonomia di 5 giorni, la capacità della batteria richiesta sarebbe:

$$\text{Capacidad bateria (Wh)} \geq 6,14 \text{ Wh} \cdot 5 \text{ días} \geq 30,7 \text{ Wh}$$

$$\text{Capacidad bateria (mAh)} \geq \frac{30,7 \text{ Wh}}{3,7 \text{ V}} \cdot 1000 \geq 8.297 \text{ mAh}$$

Nell'esempio per un'autonomia di 5 giorni la capacità della batteria dovrà essere superiore a 30,7 Wh (8.297 mAh a 3,7 V).

4. Dopo aver effettuato tutti i calcoli, è possibile sapere di quale pannello solare abbiamo bisogno per alimentare la stazione di umidità e temperatura, seguendo le istruzioni di costruzione della stazione selezionata.
5. Per estrarre i dati dalla stazione ad un'apparecchiatura remota, è possibile farlo se la stazione ha una connessione wifi, e possono essere inviati al seguente strumento: Ubidots all'indirizzo <https://ubidots.com/>

## Materiale audiovisivo

Questo materiale è un aiuto supplementare per la spiegazione passo-passo della nostra stazione di temperatura e umidità selezionata.

Ecco il link: <https://youtu.be/XRxYTHoQ9j8>

## **Prototipi sperimentali**

László Lakatos, Tamás Misik e Csaba Patkós (EKC)

### **Le serre e le tende cinematografiche sono uno dei modi più semplici per utilizzare l'energia solare.**

#### Gestione di serre e tende cinematografiche

Nelle serre o nelle tende a pellicola, il materiale di copertura trasmette in gran parte la luce solare, cioè la radiazione a onde corte, ma trattiene una parte significativa della radiazione a onde lunghe, la cosiddetta radiazione termica. Per questo motivo, la temperatura all'interno delle serre e delle tende in pellicola può essere più alta di diversi gradi. A causa della temperatura più elevata, anche l'evaporazione della superficie della pianta o del terreno sarà più intensa all'interno, per cui nelle serre e nelle tende in pellicola non si registrano solo temperature più elevate, ma anche una maggiore umidità.

#### Perché usiamo le serre?

Grazie all'uso delle serre, abbiamo la possibilità di coltivare prima e dopo la stagione di crescita. In altre parole, possiamo prolungare la durata della stagione di crescita e proteggere le nostre colture dagli effetti delle condizioni meteorologiche avverse (gelo, ghiaccio, tempesta di vento).

#### Materiali per serre, tende a foglio

Le serre possono essere realizzate in vetro singolo o isolato o in lastre di policarbonato. Il materiale delle tende a foglio è un foglio trasparente stabile ai raggi UV, che trasmette bene le radiazioni a onde corte, ma trattiene le radiazioni a onde lunghe nello spazio della tenda a foglio (Fig. 1).



Figura 1 Tenda in film EVA con filtro UV

Le pellicole in EVA sono composte da tre strati: lo strato esterno trattiene i raggi UV dannosi per le piante, l'altro impedisce ai raggi di calore ad alta lunghezza di uscire dal sistema e il terzo strato assicura la resistenza della pellicola. Sul lato rivolto verso l'interno dell'alloggiamento, le pellicole EVA sono spesso trattate con un additivo deumidificante per evitare la condensa.

#### Tipi e forme di serre e tende cinematografiche

Esistono due tipi fondamentali di serre: collegate a un edificio o indipendenti. Le serre collegate all'edificio hanno di solito una superficie molto più piccola, principalmente per la coltivazione di piantine o come serra. L'edificio a cui è collegata fornisce anche la protezione e il riscaldamento della serra o della casa di alluminio. Il collegamento all'edificio può avvenire non solo attraverso il terreno, ma anche attraverso la finestra (Figura 2).

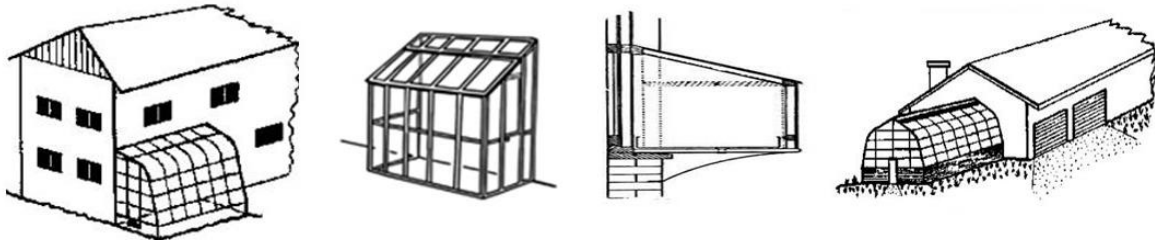


Figura 2 Forme di progettazione delle serre collegate a un edificio

Le serre indipendenti hanno solitamente un design simmetrico, ma esistono anche serre asimmetriche. Il loro design varia da Paese a Paese (Figura 3). Lo scopo principale del design è quello di fornire un'irradiazione continua alle piante che vi si trovano durante il giorno e di fornire un'adeguata protezione contro gli effetti di condizioni meteorologiche avverse, come la grandine o il gelo.

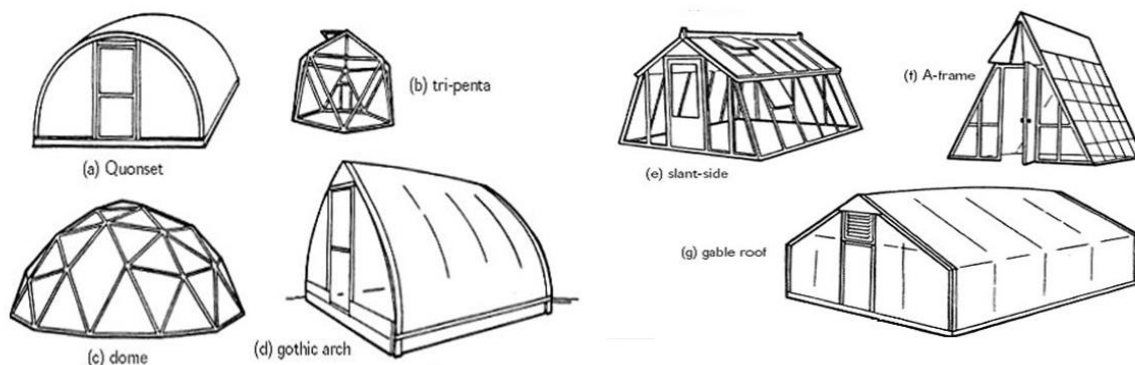


Figura 3 Tipi di serre autoportanti

La loro superficie consente la coltivazione su larga scala, ma sono adatte anche al giardinaggio hobbistico in piccoli giardini. Le tende e le serre possono essere utilizzate solo in inverno, nei Paesi con climi più freddi, con il riscaldamento.

### Tenda in foglio di alluminio di tipo cinese

L'uso di una tenda di alluminio è molto comune in Cina. Nel corso dei secoli, è stata sviluppata una speciale forma di tenda in foglio che consente un'efficiente produzione di ortaggi anche in inverno (Figura 4).

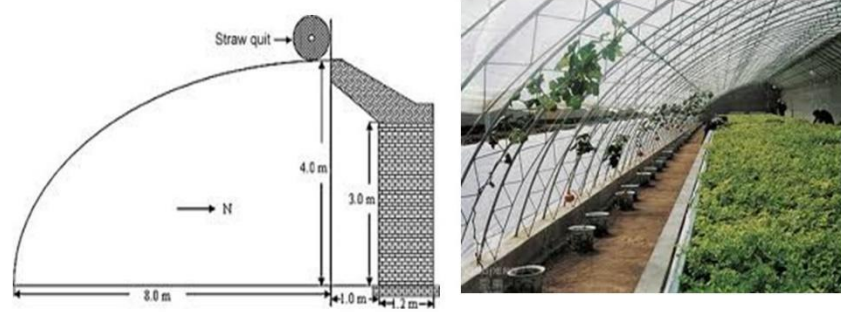


Figura 4 Profilo trasversale e interno di una tenda a film di tipo cinese

L'efficienza dell'operazione è data dalla parete posteriore spessa 1 m e dal materassino che può essere coperto con la pellicola. Durante il giorno, non solo l'interno della pellicola ma anche la spessa parete posteriore si riscalda. Di notte trasferisce il calore all'aria. L'irraggiamento è ridotto in modo significativo dalla stuoia coperta dalla pellicola, che lascia più calore all'interno durante la notte rispetto al caso di una semplice tenda in pellicola. Nel caso delle tende a pellicola più grandi, la copertura notturna della stuoia è assicurata da motori elettrici (Figura 5). L'orientamento a sud è di fondamentale importanza perché è l'unico modo per sfruttare correttamente l'energia della radiazione solare.



Figura 5 La stuoia è arrotolata nella parte superiore della tenda in lamina.

In queste tende cinesi appositamente progettate, è possibile coltivare non solo ortaggi ma anche frutta utilizzando soggetti nani adatti (Fig. 6).



Figura 6 Frutteto nella tenda a foglio di tipo cinese

## Letti in pellicola

Le strutture sono larghe 2-3 metri, alte 70-90 cm e lunghe 10-15 metri. La loro struttura è costituita da un tubo in PVC rigido con pressione nominale P3, diametro di 2 cm e spessore della parete di 2 mm (Figura 7). I tubi sono posizionati a 1 m di distanza l'uno dall'altro, piegati ad arco. Le loro due estremità sono inserite nel terreno a una profondità tale che l'altezza del colmo dei letti con una larghezza di base di 3 m è di 90 cm e quella dei letti con una larghezza di 2 m è di 70 cm. Gli archi di arresto sono collegati lungo la linea di colmo con un tubo di plastica di 2 cm di diametro per impedire alla macchina di muoversi in direzione longitudinale. Per il rivestimento viene utilizzata una pellicola di PE di 0,1-0,15 mm di spessore. Oltre alle nervature, all'esterno su entrambi i lati del letto viene praticata una scanalatura profonda 25-30 cm, dove il foglio steso sul telaio viene messo a terra in modo da essere fortemente teso sulle nervature.

A causa della bassa altezza del colmo, le aiuole in lamina non sono adatte per lavorare in posizione eretta. Sono adatti per la coltivazione a freddo di specie vegetali tolleranti al freddo.



Figura 7 Coltivazione di lattuga in letto di alluminio

## Sala climatica

I cambiamenti climatici rappresentano una sfida enorme per la produzione agricola futura. Attualmente esistono diversi modelli di simulazione del clima e delle piante che vengono utilizzati per cercare di capire come si evolveranno le dimensioni delle colture in futuro. Sia i modelli climatici che quelli vegetali presentano alcuni difetti. Poiché gli errori di ciascun sistema si sommano, la nostra visione agricola modellata è piuttosto imprecisa. Un ulteriore problema dei modelli di simulazione delle piante è che non sono adatti a prevedere gli indici di qualità delle piante, anche se per molte piante oggi gli indici di contenuto (proteine, zuccheri, acidi, vitamine, antociani) sono più importanti della resa stessa. L'uso di camere climatiche e fitotroni è molto comune nella ricerca biologica e agricola. In esse, alcune piante possono essere collocate in vasi o terreni di coltura. Queste piante si sviluppano in condizioni di illuminazione artificiale e di temperatura e umidità controllate. Poiché questi dispositivi non rappresentano le condizioni reali del campo, sono meno adatti per condurre esperimenti di coltivazione. I dati provenienti da esperimenti in campo o in serra su piccole parcelle forniscono già dati utili per l'introduzione e la sperimentazione di nuove varietà di piante. Tuttavia, con questo metodo di ricerca tradizionalmente utilizzato, non possiamo controllare adeguatamente né la temperatura, né l'umidità, né la concentrazione di anidride carbonica. La soluzione a questo problema è la sala climatica. La sala climatica è una serra appositamente progettata con un accesso quasi ininterrotto alla radiazione solare e un controllo preciso delle condizioni ambientali (suolo, aria). Le sue dimensioni possono variare notevolmente, da pochi metri cubi di spazio interno a centinaia o migliaia di metri cubi di volume d'aria. Le unità interne più piccole di solito non sono dotate di aria condizionata, quindi funzionano come una serra appositamente progettata (Figura 8).



Figura 8 Serra a cupola geodetica

(Fonte: Guangzhou Hengnuo Tent Technology Co., Cina)

Il vantaggio principale della serra speciale a forma di cupola è che sfrutta in modo eccellente l'energia radiante, e al centro si possono collocare piante più alte e alberi da frutto, di cui si possono esaminare la crescita e i vari parametri (Fig. 9).

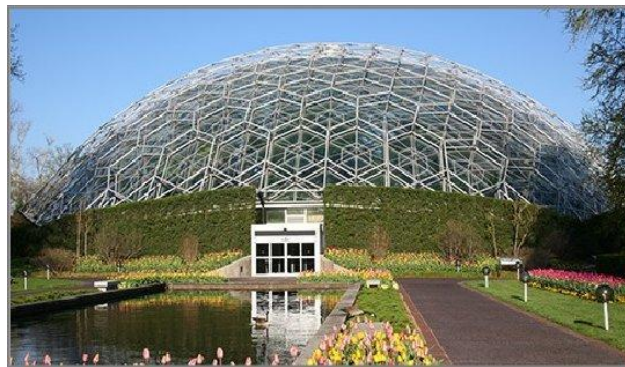


Figura 9 Sala climatica a forma di cupola

(Fonte: Pilarska et al., 2018)

Il Crops for the Future Research Center (CFFRC) è stato istituito nel campus malese dell'Università di Nottingham (Figura 10). L'obiettivo del centro di ricerca è studiare diverse specie di piante coltivate in condizioni climatiche controllate per vedere come si sviluppano gli indici di contenuto delle piante a temperature e livelli di anidride carbonica più elevati (CFFRC, 2011).



Figura 10 Centro di ricerca Crops for the Future

(Fonte: <https://www.linkedin.com/company/crops-for-the-future-research-centre>)



In molti Paesi, un giardino botanico viene collocato nella sala climatica a forma di cupola, in quanto all'interno è possibile mantenere una temperatura particolarmente elevata, l'umidità e un'ampia gamma di concentrazioni di anidride carbonica. L'immagine sottostante mostra un giardino botanico costruito in Vietnam nel 2018 (Figura 11).



Figura 11 Edificio a cupola in vetro e metallo del Giardino Botanico in Vietnam, nella città di Nha Trang

## Vantaggi dell'utilizzo

Il rischio della coltivazione futura delle nostre colture agricole sarà più preciso dei risultati del modello attuale. Può svolgere un ruolo molto importante nella ricerca agricola di base, sia per testare la coltivabilità delle varietà attualmente coltivate che per quelle nuove. Può funzionare non solo come laboratorio di ricerca, ma anche come mostra agricola. I visitatori, di tutte le età, possono vedere e conoscere con maggiore precisione i cambiamenti futuri della produzione agricola.

## "Tende cinematografiche sperimentali "Energia per l'agricoltura

Lo scopo della costruzione delle tende sperimentali è stato quello di scoprire quale design delle tende di alluminio fornisce una maggiore protezione per gli ortaggi che crescono precocemente. In termini di utilizzo pratico dell'energia solare, abbiamo sviluppato delle tende sperimentali in cui possiamo coltivare diversi ortaggi su due livelli al coperto, su una superficie di quasi 1 m<sup>2</sup>, e confrontare quanto la pianta si sviluppi più velocemente in tende di diverso design rispetto all'ambiente naturale. La costruzione delle tre tende di alluminio può anche fornire informazioni utili per i giardinieri su quale tipo di tenda di alluminio offre maggiore sicurezza per lo sviluppo precoce delle piante nei climi più freddi alla fine dell'inverno. L'efficienza dell'utilizzo dell'energia solare dipende dal design delle tende a

pellicola. Esistono tende a parete singola e doppia. Le tende a parete singola sono le più comuni, hanno il design più economico e possono essere realizzate più velocemente. La presenza di aria tra la doppia pellicola garantisce un migliore isolamento della tenda rispetto alla tenda a singolo strato (Fig. 12).



Figura 12 Tenda a doppia parete

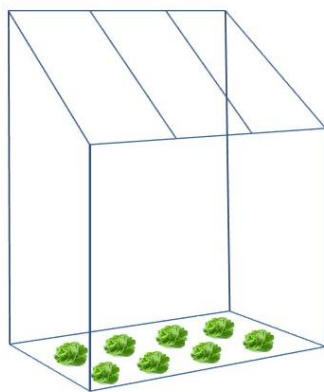
A causa della bassa capacità termica dell'aria, i sistemi a doppia parete non sono in grado di immagazzinare una quantità significativa di energia termica. Di conseguenza, la temperatura al loro interno diminuisce in modo più significativo durante la notte. Tra i mezzi naturali, l'acqua è una delle sostanze con la più alta capacità termica. Pertanto, le tende di alluminio con una parete d'acqua non solo proteggono le piante dalla perdita di calore radiante, ma irradiano anche energia all'interno della tenda di alluminio durante la notte a causa del loro raffreddamento più lento. Pertanto, al mattino la temperatura dell'aria all'interno della tenda può essere significativamente più alta di quella dell'aria esterna. Nel nostro caso, il muro d'acqua è stato costruito posizionando dei palloni pieni d'acqua davanti alla parete posteriore della tenda (Fig. 13).



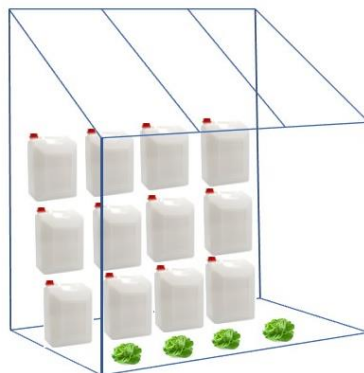
Figura 13 Tenda di alluminio con accumulatore di calore e palloncini d'acqua

In questo modo, durante il giorno, l'acqua nei serbatoi si riscalda sotto l'influenza della luce solare diretta e trasferisce l'energia termica immagazzinata nell'acqua all'aria all'interno della tenda di alluminio durante la notte. Le tre diverse tende di alluminio offrono anche l'opportunità di provare quale sia la più adatta per la coltivazione delle piante in un determinato luogo. Le nostre piante di prova sono lattuga e pomodori. La lattuga può essere seminata nelle tende di alluminio zen già in inverno, quando ancora si verificano le gelate notturne. L'efficienza e la protezione contro il gelo delle tende di diversi modelli possono essere testate separatamente. I pomodori sono una pianta ad alta intensità di calore, ma possono essere seminati in tende a film all'inizio della primavera. Anche in questo caso, possiamo testare l'efficienza di tende in pellicola di diverso design. Con l'aiuto di tre tende a pellicola di diverso design, possiamo confrontare l'andamento giornaliero della temperatura in una cosiddetta tenda a pellicola ad accumulo di calore, dotata di una a doppia parete e di palloncini d'acqua. Possiamo analizzare in quale delle tre tende di diverso design le nostre piante coltivate si sviluppano in modo più ottimale (Figura 14).

**Single-walled without heat storage**



**Single-walled with heat storage**



**Double-walled without heat storage**

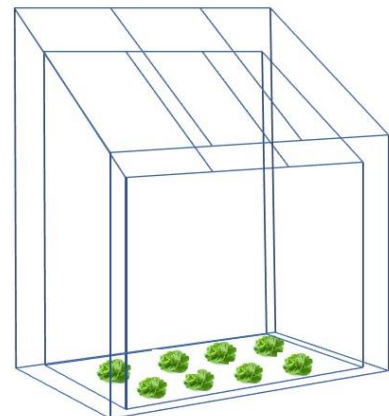


Figura 14 Schema delle tre tende sperimentali per film appositamente progettate

Per la produzione delle tende cinematografiche sono stati acquistati i seguenti materiali:

- Binario da tetto Bramach: 60 m
- Lamina
- Battiscopa in lamina
- Viti per legno
- Cerniere per porte
- Lastre di polistirolo
- Scatole da balcone
- Terreno per fiori
- Serratura della porta
- Pallone di plastica

In lotti, sono state acquistate le seguenti quantità di materiali necessari per la realizzazione della tenda di alluminio (Tabella 1).

Tabella 1 Quantità di materiali necessari per la realizzazione delle tende cinematografiche

	<b>Importo (m/m<sup>2</sup> /db)</b>	<b>Prezzo unitario (EUR)</b>	<b>Totalmente (EUR)</b>
Listello per tetto Bramach (m)	68	1.0	68.0
Foglio (m <sup>2</sup> )	14	2.9	40.5
Battiscopa (m)	32	0.7	23.6
Viti per legno (pezzi)	400	0.037	14.7
Cerniere per porte (pz)	8	0.5	3.8
Fogli di polistirolo (pz)	3	1.6	4.7
Box da balcone (pz)	3	3.6	10.7
Terriccio per fiori (pz)	2	3.2	6.3
Serratura della porta (pezzi)	4	0.5	1.9
Pallone di plastica	6	5.5	33.2
<b>Totale</b>			<b>207.4</b>

Possiamo affermare che il costo di costruzione di 1 tenda in pellicola a parete singola è di circa 50 euro. Il costo del materiale di una tenda sperimentale in pellicola a doppia parete o con supporto per l'accumulo di calore è compreso tra 75 e 80 euro.

Le tende completate sono state collocate accanto all'edificio della Facoltà di Scienze. Tutte e tre sono orientate a sud, fornendo così un apporto di luce solare favorevole allo sviluppo delle piante durante il giorno, dalla mattina al tardo pomeriggio (Fig. 15). La posizione, l'orientamento ottimale e l'esposizione alla luce solare sono essenziali per un funzionamento efficiente ed economico.



Figura 15 Micro-serre per un uso efficiente dell'energia solare

## **Studio dell'installabilità di sistemi ibridi (solare-eolico)**

Quando si installano sistemi ibridi, si cerca soprattutto di capire se l'installazione del sistema migliora l'efficienza e la disponibilità della produzione di energia. Nel caso dei sistemi ibridi, i due sistemi di produzione di energia (solare ed eolica) possono completarsi a vicenda, cioè quando c'è poca energia solare può essere disponibile molta energia eolica e quando c'è molta energia solare c'è poca energia eolica. In questo caso, l'installazione di sistemi ibridi è particolarmente consigliata. Naturalmente, può anche accadere che quando c'è poca energia solare disponibile, anche l'energia eolica sia molto scarsa. Se tali serate si verificano frequentemente in una determinata area, l'uso di sistemi ibridi potrebbe non essere la soluzione per l'utilizzo delle energie rinnovabili. Poiché i sistemi solari non generano elettricità di notte, la questione è se il sito di installazione genera di notte tanta energia eolica quanta ne può essere utilizzata economicamente. In questo modo, il sistema ibrido consente una produzione di energia più continua rispetto all'utilizzo di sistemi solari ed eolici separati.

### **Fasi per l'installazione di sistemi di produzione di energia solare**

- Idoneità climatica, valutazione del potenziale climatico
- Eliminazione dei fattori ambientali locali sfavorevoli alla produzione di energia, ovvero determinazione del sito più idoneo
- Determinare la dinamica annuale dell'energia solare che può essere prodotta in un determinato sito di installazione.
- Determinazione della dinamica annuale dell'energia eolica che può essere generata ad una determinata altezza in un determinato luogo di installazione (utilizzando un database locale) I dati orari SYNOP sono disponibili su [www.meteomanz.com](http://www.meteomanz.com).
- Produzione della dinamica annuale dell'energia che può essere prodotta con i sistemi ibridi

### **Valutazione dell'idoneità climatica**

La ricerca di un luogo con un potenziale climatico favorevole è essenziale per l'installazione di apparecchiature per la generazione di energia solare ed eolica. Naturalmente, se qualcuno vive, coltiva e utilizza attrezzature per le energie rinnovabili nella parte settentrionale del Paese, è solo perché il potenziale climatico di una determinata fonte di energia rinnovabile è più favorevole in un'altra parte del Paese, ma non installerà le attrezzature lì o nelle immediate vicinanze.

### **Fattori che riducono l'efficienza dell'uso dell'energia solare**

- Aree con copertura nuvolosa più frequente della media
- Aree situate in una profonda valle tra le montagne dove il grado di restrizione dell'orizzonte è significativo
- Il centro città o i luoghi in cui si trovano i grattacieli hanno un effetto ombreggiante significativo sugli edifici.
- Un ambiente suburbano con molti alberi ombrosi

- Ai margini dei parchi, nelle aree adiacenti ai boschi, dove l'effetto ombreggiante delle chiome è significativo
- Se i pannelli solari vengono collocati in cima agli edifici, è importante orientare l'edificio in modo corretto.

L'uso dell'energia solare è molto diffuso in molti Paesi europei. Grazie ai pannelli e ai collettori solari è possibile generare elettricità e calore in modo prevedibile. L'unico fattore di incertezza nella previsione dell'energia solare che può essere prodotta è la nuvola. La quantità, il tipo e lo spessore delle nuvole influenzano in modo significativo la quantità di energia solare che può essere prodotta. Di conseguenza, non è vantaggioso installare impianti solari in aree in cui la copertura nuvolosa è comune a causa delle condizioni di circolazione locali.

## Valutazione del potenziale solare

1. Il primo passo consiste nell'analizzare la quantità potenziale di energia solare che ci si può aspettare in una determinata posizione geografica in cui si desidera installare pannelli o collettori solari. Osservando la mappa dell'irraggiamento globale in Europa, possiamo notare che il potenziale di irraggiamento solare è più elevato nelle regioni dell'Europa meridionale a causa dell'angolo di incidenza più alto. Allo stesso tempo, possiamo notare che quasi tutto il continente europeo, ad eccezione delle parti settentrionali degli Stati baltici, è adatto all'energia solare, dato che persino in Estonia l'energia radiante annuale raggiunge i 1000 kWh / m<sup>2</sup> (Figura 1).

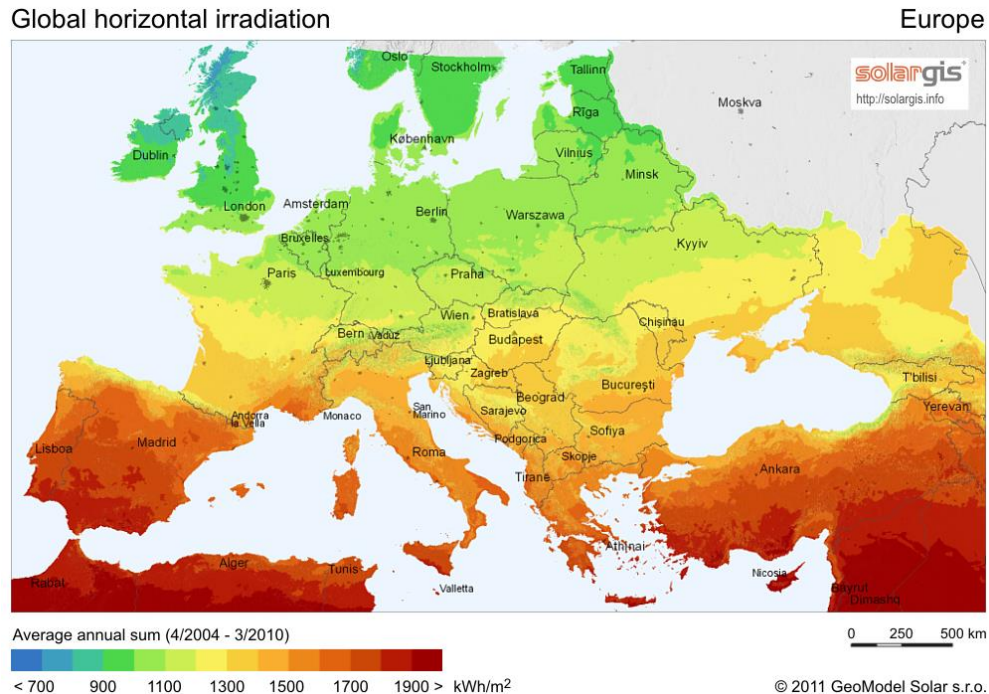


Figura 1. Distribuzione territoriale della quantità di energia radiante annua nel continente europeo

Una mappa specifica della potenza fotovoltaica mostra lo sviluppo dell'energia solare che può essere prodotta. I valori più alti di potenza fotovoltaica si registrano nel sud-est della Spagna, mentre le potenze specifiche più basse si registrano nel nord della Gran Bretagna e dell'Irlanda (Figura 2).

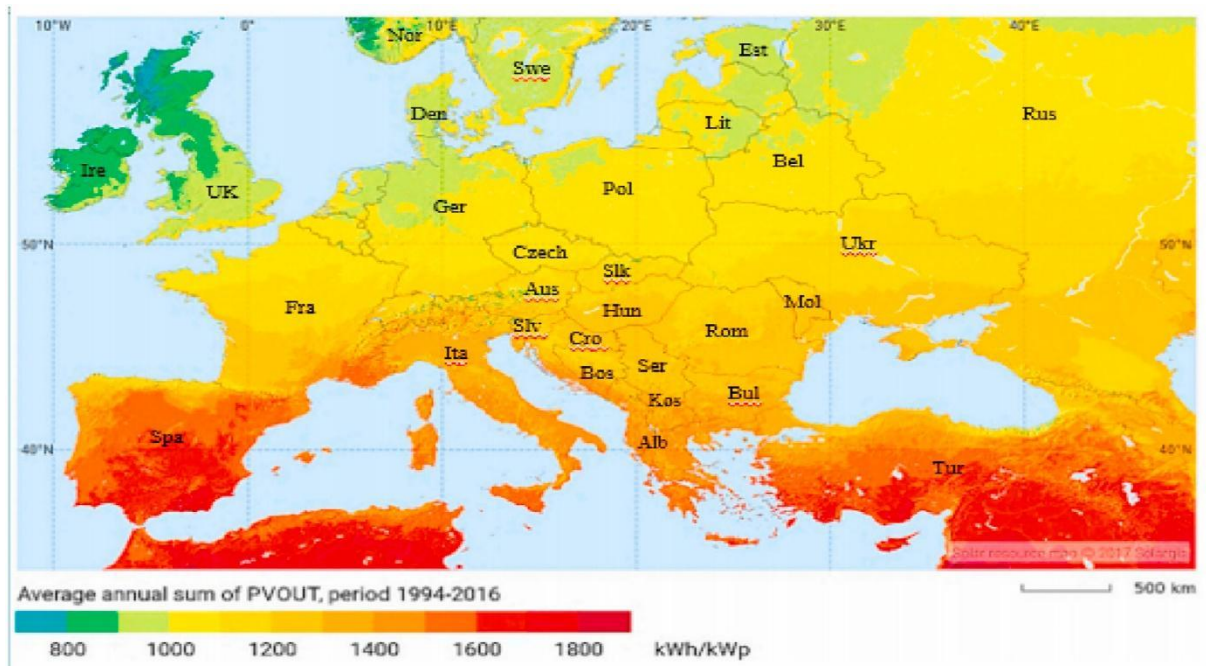


Figura 2 Potenziale di energia solare fotovoltaica in Europa

## Indagine sulle condizioni e sulle dotazioni locali

Naturalmente, la topografia disturbante su microscala o altri fattori di ombreggiamento come l'altezza degli edifici circostanti o la chioma degli alberi, l'orientamento improprio della struttura del tetto dell'edificio, che possono essere ignorati, possono ridurre significativamente la quantità di energia che può essere prodotta. Il potenziale fotovoltaico di una determinata località geografica per l'area europea può essere analizzato con il seguente software [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVPi](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPi) (Figura 3).



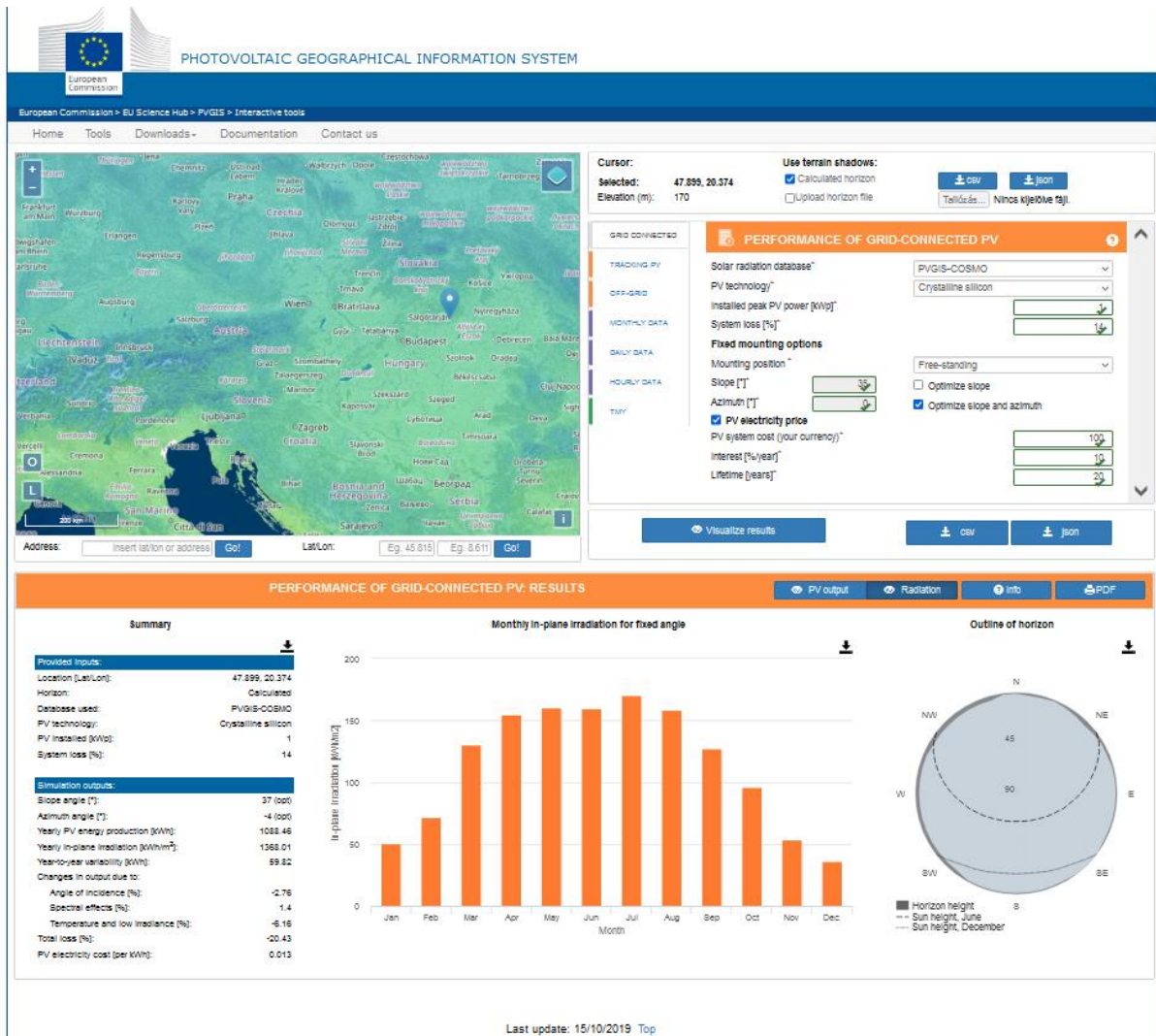


Figura 3. Sistema informativo geografico fotovoltaico

L'uso dell'energia solare è molto diffuso in molti Paesi europei. Grazie ai pannelli e ai collettori solari è possibile generare elettricità e calore in modo prevedibile. L'unico fattore di incertezza nella previsione dell'energia solare che può essere prodotta è la nuvola. La quantità, il tipo e lo spessore delle nuvole influenzano in modo significativo la quantità di energia solare che può essere prodotta. Di conseguenza, non è vantaggioso installare impianti solari in aree in cui la copertura nuvolosa è comune a causa delle condizioni di circolazione locali.

### Utilizzo del calcolatore di orientamento:

Selezionare il fuso orario e inserire le coordinate (latitudine e longitudine) per calcolare l'orientamento ottimale delle celle solari fisse (Tabella 1). È possibile trovare le coordinate geografiche in Google Search<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> <https://solarsena.com/solar-panel-orientation-calculator/>

<b>Input:</b>		<b>Note: Enter positive latitude for north, e.g., 34.05 for Los Angeles (34.05° N) And negative latitude for south, e.g., -33.87 for Sydney (33.87° S)</b>	
<b>Latitude</b>	34.05		
<b>Output 1:</b>			
<b>Optimal Direction</b>	South		
<b>Output 2:</b>			
<b>For Fixed Solar Panel</b>			
<b>Optimal Tilt Angle</b>	34°		
<b>Output 3:</b>			
<b>For Seasonally Adjusted Solar Panel</b>			
<b>Month</b>	<b>Optimal Tilt Angle</b>	<b>Northern hemisphere</b>	<b>Southern hemisphere</b>
March to May	34°	Spring	Fall (or autumn)
June to August	7°	Summer	Winter
September to November	34°	Fall (or autumn)	Spring
December to February	60°	Winter	Summer

Tabella 1 Schermata del calcolatore Excel

## Prestazioni delle celle solari

Le prestazioni delle celle solari sono solitamente espresse in Wp, ovvero Wattpeak. Wp è la potenza di picco della cella solare, cioè è in grado di raggiungere tale potenza di picco in condizioni di misurazione standard. Ad esempio, se il produttore specifica una potenza nominale di 245 Wp per un pannello, un'unità di 20 pannelli solari può essere considerata un sistema da 4,9 kWp.

Solo poche ore all'anno sono il periodo in cui la nostra cella solare raggiunge effettivamente il suo massimo rendimento (in genere quando la temperatura è bassa e il sole splende intensamente). Per questo motivo, per avere un quadro realistico della potenza del sistema solare di cui abbiamo bisogno sul nostro tetto, dobbiamo considerare diversi fattori insieme.

## Quali fattori possono influenzare il rendimento effettivo di un impianto solare?

Per definizione, uno dei fattori più importanti è la quantità di energia solare che raggiunge il sistema, ovvero la quantità di energia solare (radiazione globale) presente nel sito di installazione. In altre parole, occorre tenere conto della posizione geografica della proprietà e dell'esatto orientamento della superficie del tetto.

È importante anche quanto si riscalda il nostro pannello solare, perché più alta è la temperatura del pannello, più basse sono le sue prestazioni. È severamente vietato raffreddare artificialmente i pannelli riscaldati, poiché la lastra di vetro che li protegge potrebbe addirittura rompersi a causa di improvvisi sbalzi di temperatura. Se un pannello solare ha una potenza nominale di 300 Wp e il sole raggiunge 800 W/mq invece dei 1000 W/mq ideali, che non mantengono il laboratorio a 25 gradi ma si riscaldano fino

a 50 gradi Celsius quando sono esposti al sole, è già il 70% La potenza di picco si riduce a, cioè, il nostro pannello produce 210 W invece di 300.

## **I fattori che influenzano le prestazioni delle celle solari sono i seguenti**

- La quantità di radiazione solare, la radiazione globale
- Terreno (orientamento ideale: sud)
- Angolo di inclinazione dei pannelli solari (inclinazione ideale: 35°)
- Condizioni atmosferiche (temperatura ideale: 25°C)
- Tecnologia solare
- Pulizia della superficie del pannello solare
- Sistema solare progettato correttamente

I diversi tipi di pannelli solari possono funzionare meglio in climi diversi. Nelle zone con molto sole, le celle solari monocristalline sono più performanti, mentre nelle zone più nuvolose sono migliori le celle solari policristalline e a film sottile.

## **Come possiamo tenere conto di questi fattori?**

Innanzitutto, un'adeguata indagine preliminare sul posto è molto importante, in modo che il progettista e l'appaltatore dell'impianto solare possano consigliare una tecnologia solare personalizzata che tenga conto delle caratteristiche della casa.

Il riscaldamento eccessivo dei pannelli può essere ridotto, ad esempio, con una cella solare a mezza cella: la metà della corrente passa attraverso la metà della cella, che quindi si riscalda meno. Riducendo la temperatura delle celle, è possibile aumentarne la durata e la resa.

## **Condizioni climatiche del vento**

Esistono aree specificamente ventose che si creano come risultato di condizioni orografiche. Nella zona delle cime e dei picchi delle montagne, dei canyon e delle gole, il flusso d'aria accelera a causa del restringimento del campo di flusso.

Il vento che si crea a causa dell'orografia può essere catabolico, nel qual caso si parla di vento sottovento lungo il pendio, che si crea soprattutto di notte. Mentre l'aria riscaldata risale la montagna durante le ore diurne, si parla di vento anabatico.

Si può parlare di venti lacustri o marini o costieri dovuti all'equalizzazione della notevole differenza di temperatura tra il mare e la costa tra mezzi con diverse capacità termiche, o tra il mare e i mari.

## **Valutazione del potenziale eolico**

Quando si esamina l'energia eolica, è importante ricordare che la velocità del vento viene misurata a 10 metri di altezza. Questa altezza non è adatta per testare il vento a fini energetici. L'altezza delle turbine eoliche è compresa tra 80 e 120 metri. I potenziali eolici energetici sono quindi solitamente indicati per questi livelli di altitudine.

Uno dei metodi più accettati e più comunemente utilizzati per determinare la velocità del vento ad alta quota è la relazione di Hellman, che ha la seguente forma:

$$v_2 = v_1 \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha \quad \text{(Formula 1)}$$

Dove  $v_2$  = velocità del vento stimata all'altezza desiderata,  $v_1$  = velocità del vento misurata a quell'altezza;  $h_2$  = altezza desiderata;  $h_1$  = l'altitudine data alla quale è stata misurata la velocità del vento,  $\alpha$  = la sua funzione in funzione dell'articolazione della superficie e della posizione di equilibrio dell'atmosfera, che ha un andamento giornaliero e annuale. Sulla base dei dati di letteratura, il valore di  $\alpha$  è generalmente considerato compreso tra 0,14 e 0,40.

Se osserviamo l'errore di stima per i diversi valori di alfa, possiamo affermare che 0,2 ha mostrato il miglior adattamento, quindi abbiamo calcolato 0,2  $\alpha$  anche nel nostro studio. Secondo diversi autori, una buona approssimazione di circa 250 m può essere ottenuta con un valore di 0,2 alfa. Un'altra relazione utilizzata è la funzione logaritmica WMO, che ha il vantaggio, rispetto alla formula di Hellmann, di non includere una variabile che dipende dalla stagione e dai parametri ambientali:

$$v_h = v_{10} [0,233 + 0,656 \lg(h + 4,75)] \quad \text{(Formula 2)}$$

Il movimento del vento aumenta man mano che si sposta verso l'alto lungo la verticale. Il terreno vicino è più grande a causa dell'attrito superficiale, della presenza di elementi superficiali, edifici e vegetazione. Ad altitudini più elevate, questo effetto frenante è meno evidente. La variazione verticale della velocità del vento è chiamata profilo del vento. L'effetto frenante di edifici e alberi, l'irregolarità della superficie e lo stesso attrito superficiale creano una struttura del vento a vortice. Il movimento dell'aria è caratterizzato da un vortice di dimensioni ridotte in prossimità del suolo e da un vortice di diametro maggiore salendo verso l'alto. A causa della formazione di vortici, il vento di solito non soffia a velocità costante, ma compie un movimento fluttuante e altalenante. Si può parlare di raffiche di vento dovute alla fluttuazione della velocità del vento.

Le prestazioni del vento possono essere calcolate in base alla massa e alla velocità dell'aria che attraversa una determinata superficie in un determinato periodo di tempo. Da queste, il contenuto energetico dell'aria può essere calcolato in base alla seguente equazione:

$$P_{fajl.elm} = \frac{\rho}{2} * v^3$$

(Formula 3)

Dove  $\rho$  è la densità dell'aria,  $v$  è la velocità del vento (in m / s)

Albert Betz ha calcolato che l'efficienza massima teoricamente ottenibile per le turbine eoliche è del 59,3%; in pratica questi valori sono significativamente inferiori. La maggior parte degli autori calcola in genere efficienze del 30%.

Analizzando il potenziale eolico energetico europeo, determinato a un'altitudine di 100 m dalla superficie, possiamo concludere che le aree con il miglior potenziale eolico si trovano nelle zone

setteentrionali e principalmente costiere del continente. Un potenziale eolico superiore alla media si osserva anche sulle cime più alte delle Alpi, nella regione dell'Egeo, sulle cime dei Pirenei e sulla costa mediterranea della Francia (Figura 4).

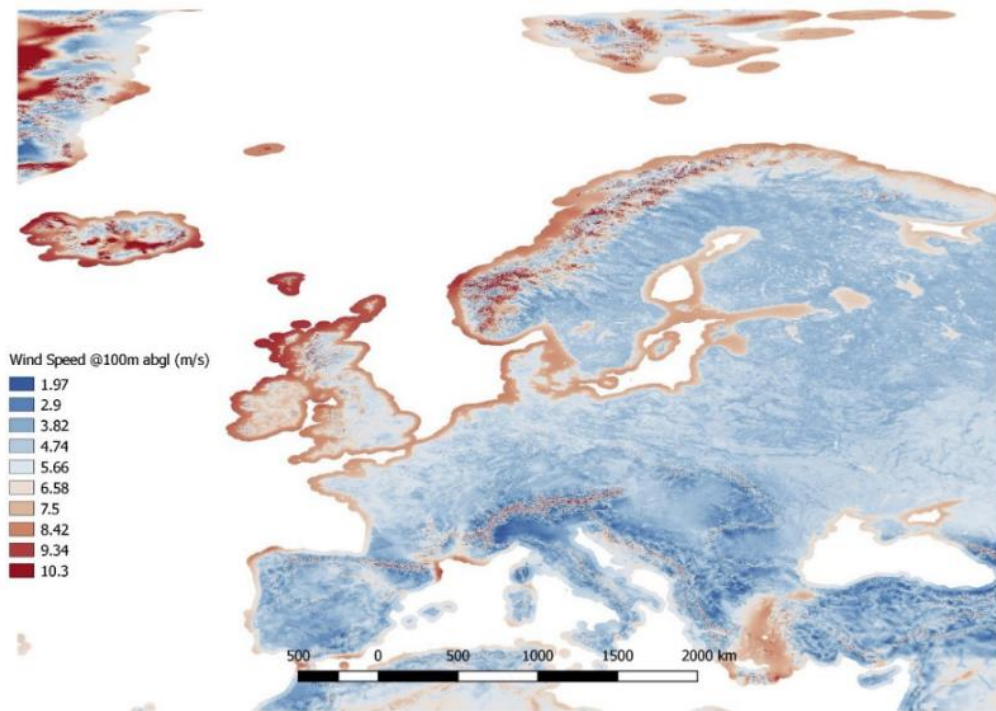


Figura 4 Velocità media annua del vento a 100 m dal suolo in Europa

Fonte: Dati sull'eolico da (The Global Wind Atlas, 2017)

Anche il potenziale dell'energia eolica è favorevole in tutta Europa. Le condizioni per la produzione di energia eolica sono particolarmente favorevoli nella regione del Nord Europa (Figura 5). Il potenziale eolico favorevole in molti Paesi non significa che le condizioni di vento favorevoli vengano sfruttate in misura significativa. Inoltre, il fatto che un Paese non abbia un potenziale eolico particolarmente elevato può comunque essere particolarmente apprezzato per l'energia prodotta dal vento e, nel complesso, anche questo Paese può produrre quantità significative di energia utilizzando il vento.

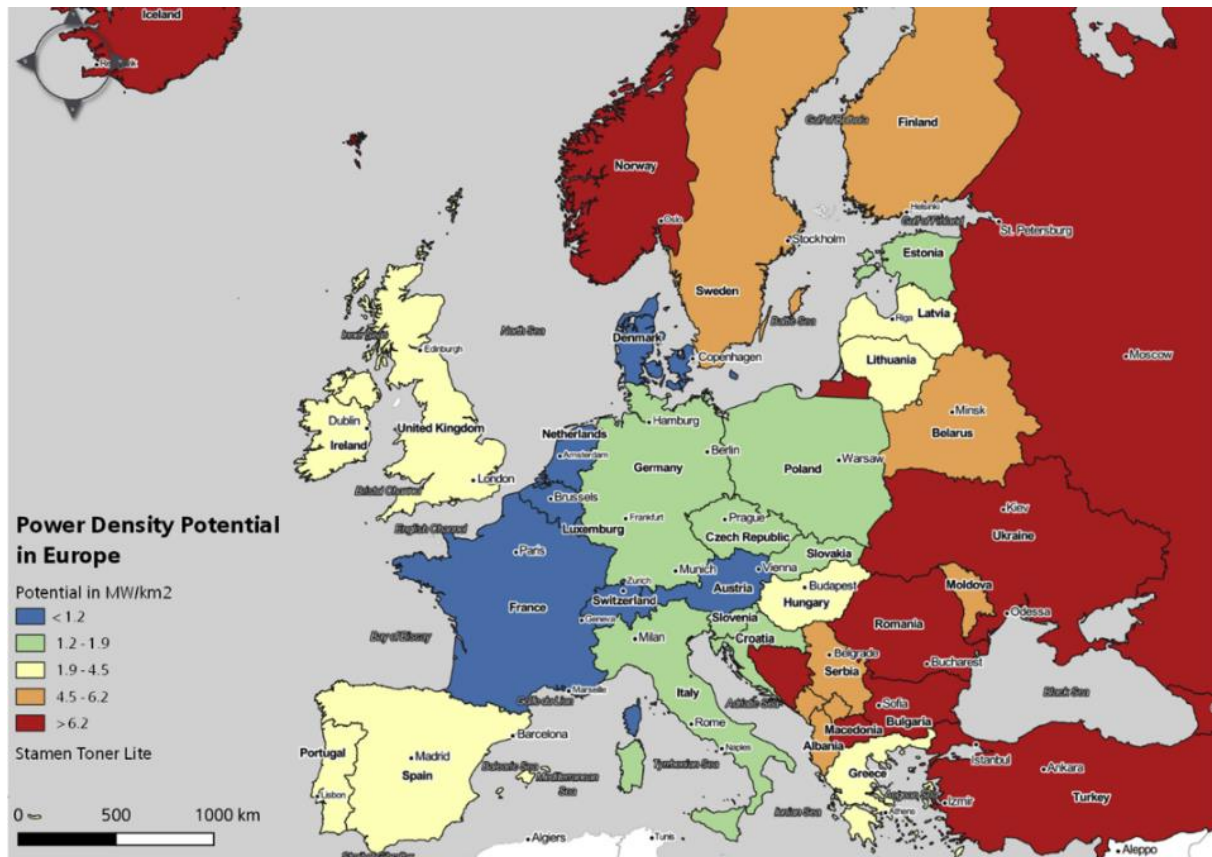


Figura 5. Il potenziale eolico onshore in Europa (MW/km<sup>2</sup>)  
(Fonte: Enevoldsen et al. 2019)

## Fattori che riducono l'efficienza dell'uso dell'energia eolica

- All'ombra delle montagne, la velocità di movimento dell'aria all'interno delle piscine di solito diminuisce. La pendenza delle valli e la direzione del flusso d'aria prevalente hanno un effetto fondamentale sull'entità del potenziale del vento.
- Nel centro della città, le strade strette e simili a vicoli riducono significativamente la velocità del vento.
- Anche le fasce forestali, i boschetti e le zone limitrofe ai parchi possono ridurre significativamente la velocità del vento.

## Installazione di sistemi ibridi (energia solare + eolica insieme)

Se le condizioni per le installazioni solari sono favorevoli in un certo periodo dell'anno, cioè in una stagione, mentre il potenziale eolico aumenta in un altro periodo dell'anno, vale la pena considerare che l'installazione di sistemi ibridi in questo luogo è una soluzione tecnica più economica (Figura 6). Naturalmente, non è un problema se entrambe le forme di energia sono disponibili allo stesso tempo, perché anche in questo caso la quantità di energia che può essere prodotta aumenta.



Figura 6. Sistema ibrido di servizi energetici (solare + eolico)

Nelle aree in cui l'incidenza della copertura nuvolosa aumenta in modo significativo durante l'ora del giorno o in determinati periodi dell'anno, si può prevedere una minore quantità di energia solare durante questo periodo; tuttavia, in queste aree, l'entità del potenziale eolico di solito aumenta durante questo periodo. Pertanto, in queste regioni i sistemi ibridi consentono una produzione di energia molto più efficiente rispetto all'installazione di apparecchiature solari o esclusivamente eoliche.

La presenza di copertura nuvolosa nelle aree di confluenza, che si trovano lungo l'equatore e la latitudine 60, è significativamente più comune (Figura 7).

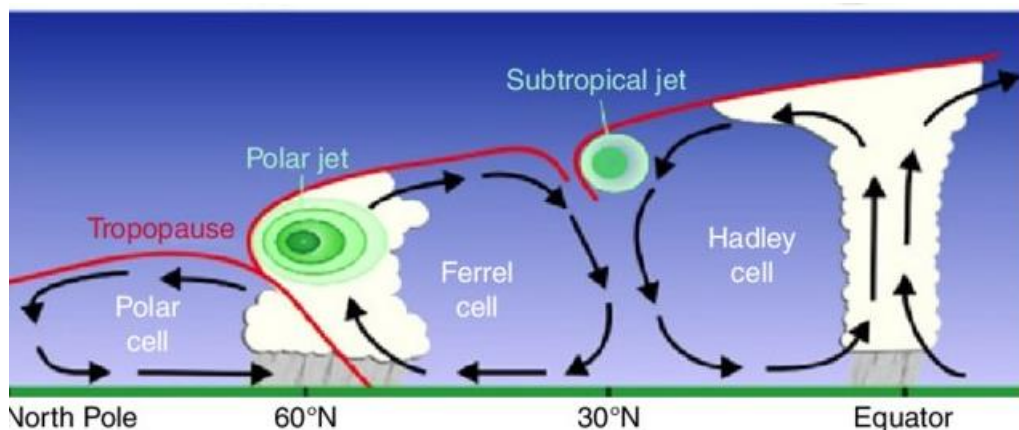


Figura 7. Modelli di circolazione globale del vento. 1, cella di Hadley; 2, cella di Ferrel; 3, cella polare.

(Fonte: Servizio meteorologico nazionale della NOAA, sede centrale della regione meridionale, Fort Worth, Texas)

Nelle aree lungo i pendii si verifica quotidianamente il cosiddetto vento anabatico, a causa del quale ci si può aspettare la comparsa di nubi anabatiche. Grazie all'esposizione favorevole alle radiazioni, l'energia solare può essere prodotta in modo efficiente in determinate ore del giorno, soprattutto al mattino, ma quando le nuvole anabatiche si addensano nel primo pomeriggio, le condizioni per la produzione di energia eolica migliorano notevolmente. Pertanto, il modo più stabile per produrre energia in queste aree è quello di installare sistemi ibridi (Figura 8).

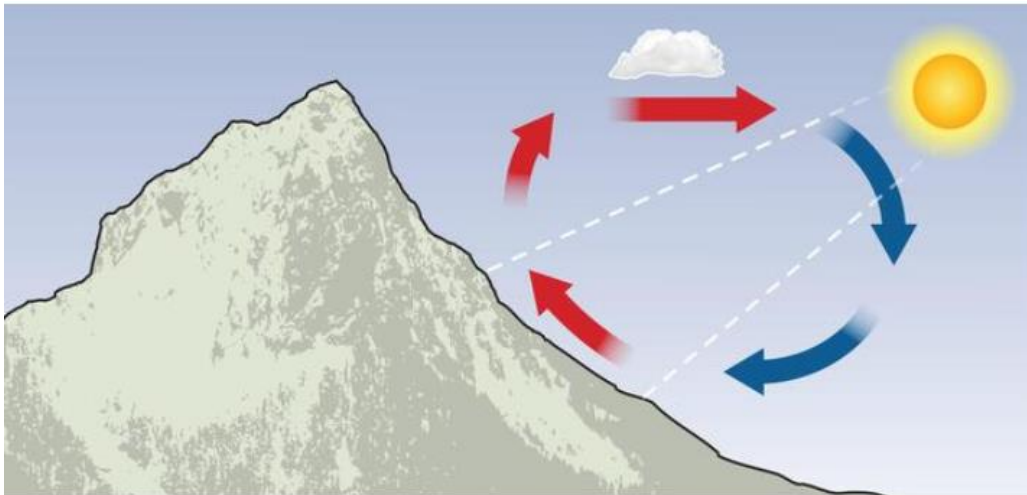


Figura 8. Formazione di nubi anabatiche su un versante montuoso esposto al flusso d'aria durante le ore diurne. Nelle aree interessate da venti lacustri o marini, le condizioni per la produzione di energia solare al mattino sono particolarmente favorevoli, seguite dalle nuvole che ne derivano.

Il vento offshore è causato dalla differenza di temperatura tra oceano, mare e terra. A causa della sua minore capacità termica, la terraferma si riscalda più velocemente della superficie dell'acqua. L'aria sopra la terra riscaldata o la zona costiera inizia a salire, formando un'area di bassa pressione vicino alla terraferma. Di conseguenza, l'aria fredda ad alta pressione sopra la superficie dell'acqua più fredda si diffonde sull'acqua e scorre sulla terraferma. Dove si riscalda e sale. Quando raggiunge altezze maggiori, si raffredda, il vapore acqueo al suo interno precipita e può formarsi una nuvola o addirittura una precipitazione. L'aria raffreddata torna verso l'oceano o la superficie del mare. Si crea così una cella di circolazione chiusa (Figura 9). Questo processo dura fino a quando non si stabilisce un equilibrio. In questo ciclo, l'aria calda in aumento può formare una nuvola. In condizioni favorevoli, lungo la brezza marina possono formarsi piccoli temporali.



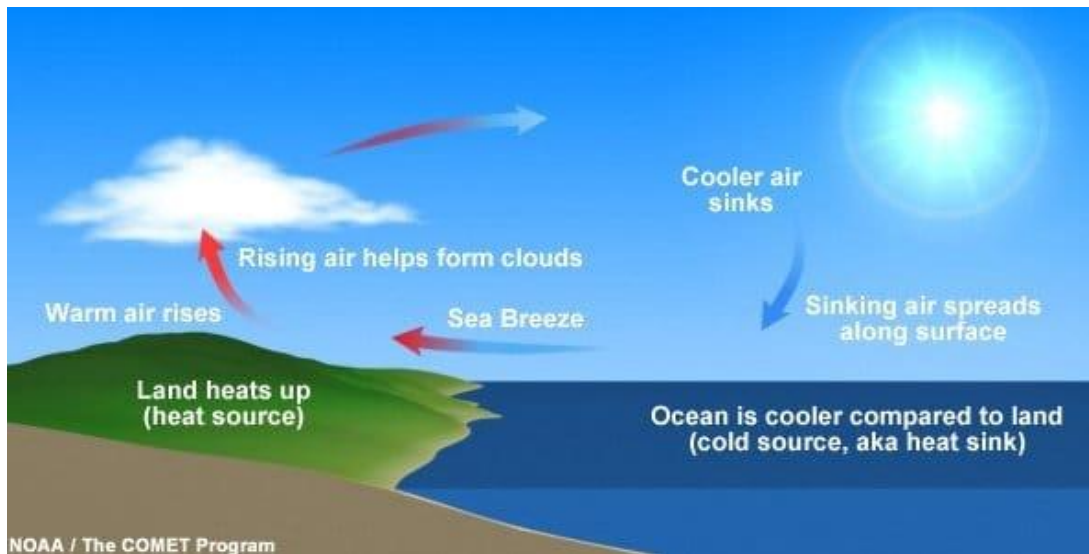


Figura 9. Tengeri szél nappali áramlási iránya

Prima che si formino le nuvole al mattino e dopo che queste si dissolvono nel tardo pomeriggio, le zone costiere sono eccellenti per la produzione di energia solare, mentre nei periodi intermedi è possibile produrre energia eolica in modo efficiente (Figura 10).



Figura 10. La brezza marina estiva determina la formazione di nubi sulla terraferma, Francia occidentale di Ross Salawitch, scattata il 24 luglio 2018.

Il cosiddetto vento costiero, che soffia dalla terraferma durante la notte, rende le aree costiere particolarmente adatte alla produzione di energia eolica.

La complementarità nella produzione di energia è particolarmente importante quando si installano sistemi ibridi. Quando una forma di energia, come quella solare, non è disponibile, l'altra fonte di energia, il vento, fornisce una quantità adeguata di energia. Poiché il sole non splende di notte, è importante chiedersi se sia possibile produrre una quantità sufficiente di energia eolica durante la notte. Poiché anche l'energia solare svolge un ruolo significativo nella generazione di energia eolica, non sorprende che l'energia eolica del giorno superi la quantità di energia eolica che può essere prodotta di

notte. Allo stesso tempo, i nostri studi mostrano anche che la quantità di energia eolica che può essere prodotta di notte durante i periodi diurni più bassi (da settembre ad aprile) supera la quantità di energia solare che può essere prodotta durante il giorno (Figura 11). Ciò significa che i sistemi ibridi consentono una produzione di energia più efficiente rispetto ai sistemi separati di generazione di energia solare ed eolica.

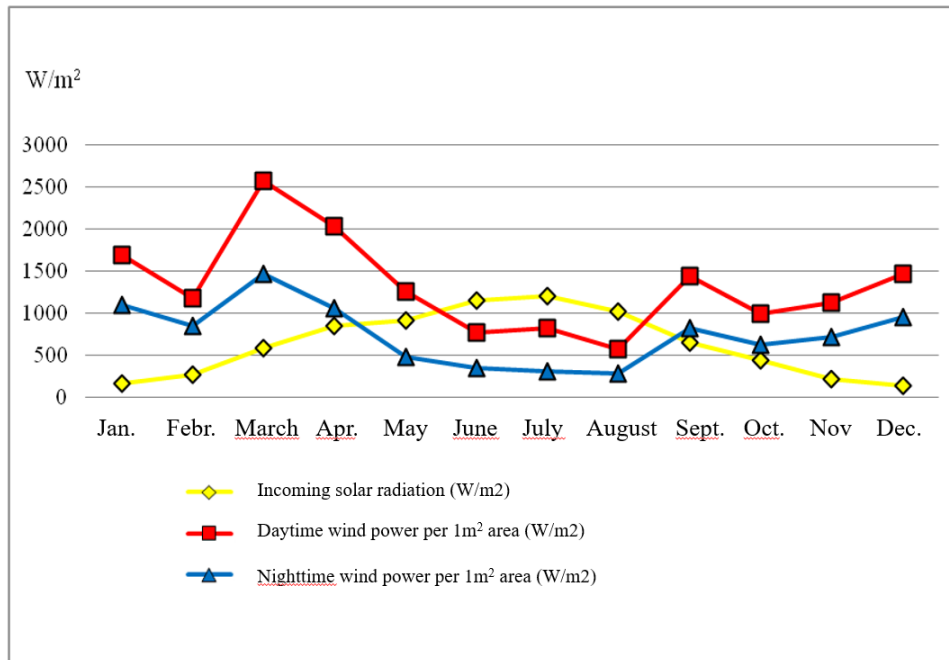


Figura 11. Distribuzione annuale dell'energia eolica a 80 m di altitudine e della radiazione solare per unità di superficie a Szolnok tra il 2011 e il 2020.

Osservando l'andamento delle prestazioni ibride ottenibili ogni mese, si può notare il massimo di marzo e il minimo di agosto (Figura 12). Cioè, i rendimenti energetici variano da 2000 a 4500 W/m<sup>2</sup>. La quantità di energia che può essere generata dal vento notturno supera la quantità di energia solare nel periodo dall'autunno alla primavera, il che significa che i sistemi ibridi significano una produzione di energia più efficiente e continua non solo nei cicli stagionali ma anche in quelli giornalieri.

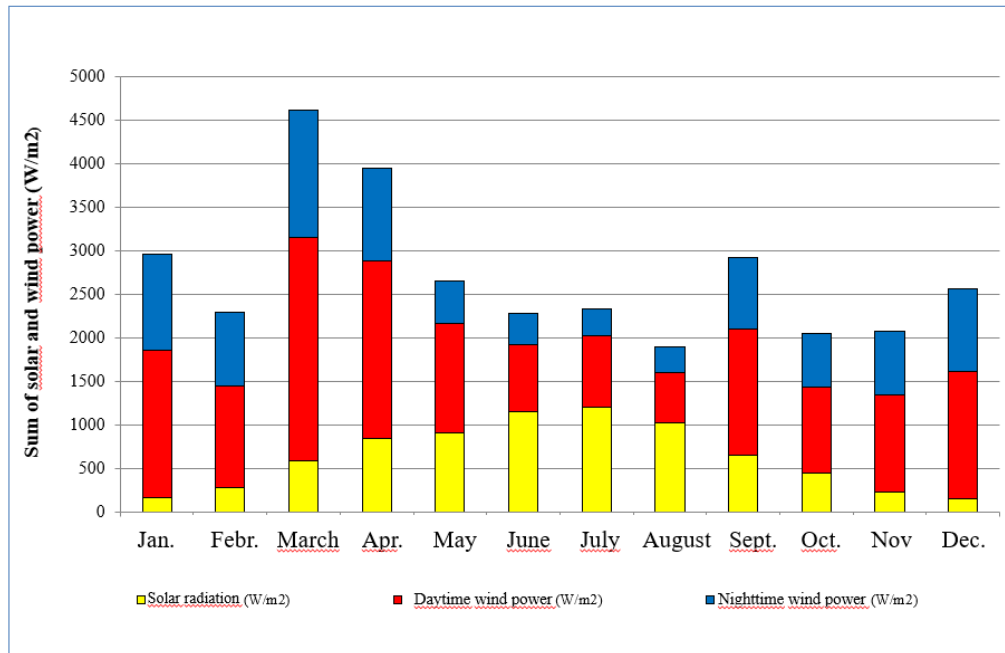


Figura 12. Distribuzione annuale della fornitura totale di energia che può essere estratta dall'energia solare ed eolica a un'altitudine di 80 m, a Szolnok (2011-2020)

In molti Paesi europei sono già stati utilizzati sistemi ibridi a livello di aziende agricole e famiglie, che forniscono un aiuto efficace per ridurre i costi energetici delle famiglie e in molti casi possono coprire completamente l'energia utilizzata.

I Paesi che si affacciano sul Mare del Nord sono noti per avere condizioni molto più favorevoli all'utilizzo dell'energia eolica. Molti pensano che le piscine non siano adatte a generare energia eolica. Questa affermazione non è affatto corretta. Una posizione simile a una piscina ha il potenziale per utilizzare l'energia eolica. Si pensi al sottovento, agli scarichi in discesa, ai venti di valle o ai venti catabatici. Sono tutte opportunità locali che si verificano con elevata frequenza e che non sono ancora state sufficientemente sfruttate nelle aree del bacino.

I sistemi solari sono noti per il loro elevato consumo di spazio, il che significa che possono occupare una vasta area. Le turbine eoliche richiedono meno spazio e la produzione agricola può essere effettuata anche sotto le eliche delle turbine. Nel caso dei sistemi ibridi, è possibile migliorare l'utilizzo dello spazio, che può essere ulteriormente migliorato grazie al posizionamento speciale dei pannelli solari. Oggi possiamo persino coltivare sotto i sistemi di alimentazione a energia solare (Figura 13) (Scott, 2019).



Figura 13. Gli studi di "Agrivoltaics" nel Massachusetts stanno scoprendo molte colture che si abbinano bene ai pannelli solari.

Sebbene il modulo solare orientato a sud fornisca il più alto valore di energia elettrica per tutti gli angoli selezionati, in alcuni casi se ne può fare a meno a causa dell'utilizzo polivalente. L'orientamento dei pannelli solari è una parte importante del dimensionamento degli impianti fotovoltaici e solari. Poiché l'energia solare prodotta è direttamente proporzionale all'orientamento dei pannelli solari, un corretto orientamento non solo massimizza l'energia solare ma riduce anche i costi di installazione. L'orientamento consiste in due parametri: la direzione e l'angolo di inclinazione.

Alcune piante, come i fagioli e i cetrioli, tollerano bene le condizioni di penombra e possono essere coltivate con successo in presenza di radiazioni sparse. Pertanto, queste piante sono particolarmente adatte alla coltivazione sotto i pannelli solari (Corbley, 2021) (Figura 14).



Figura 14. Fattoria solare di Jack - Foto di Werner Slocum: NREL

## **Allegato**

### **Glossario**

Densità: detta anche densità volumetrica di massa, è la massa per unità di volume di una sostanza. Viene solitamente rappresentata con il simbolo  $\rho$ . Matematicamente, la densità è definita come massa (m) divisa per il volume (V):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Circolazione naturale: la capacità di un fluido in un sistema di circolare continuamente, a causa della gravità, della densità, ecc.

Convezione naturale: movimento del liquido che non è generato da alcuna fonte esterna, ma è dovuto alla densità del liquido.

Stratificazione: quando le diverse parti sono organizzate in gruppi separati.

Effetto sifone: un sifone è un tubo che trasporta il liquido su e fuori da un contenitore a un livello verso un secondo contenitore a un livello inferiore. L'effetto sifone si verifica quando la pressione atmosferica spinge il liquido verso l'alto e la gravità lo tira verso il basso.

Termosifone: sistema in cui un refrigerante viene fatto circolare per convezione a causa della differenza di densità tra la parte calda e quella fredda del liquido.

### **Elenco delle abbreviazioni**

H: umidità

LED: diodo a emissione luminosa

PV: fotovoltaico

PVC: cloruro di polivinile

T: temperatura

VET: Istruzione e formazione professionale

### **Riferimenti, siti web utili**

Tutorial di Arduino come risorsa educativa per le scuole di formazione professionale ai fini della digitalizzazione: <https://www.youtube.com/watch?v=r0KErKHxHf0>; <https://www.arduino.cc/education/remoteteaching>

Sito web di Arduino per la configurazione delle opzioni di Arduino: <https://www.arduino.cc/>

- CFFRC, 2011: <https://www.nottingham.ac.uk/biosciences/documents/community/public-talks/crops-for-the-future-may11.pdf> (ultimo download:08.05.2022.)
- Corbley, A.: 2021: La più grande azienda agricola che coltiva sotto i pannelli solari si rivela una coltura di punta per l'uso del suolo agrovoltaico (<https://www.goodnewsnetwork.org/agrivoltaics-of-solar-power-and-farming-are-a-big-success-on-this-boulder-farm/>)
- Enevoldsen, Peter; Permien, Finn-Hendrik; Bakhtaoui, Ines; Krauland, Anna-Katharina von; Jacobson, Mark Z.; Xydis, George; Sovacool, Benjamin K.; Valentine, Scott V.; Luecht, Daniel; Oxley, Gregory (2019). Quanto potenziale eolico ha l'Europa? Esame del potenziale eolico europeo con un atlante socio-tecnico potenziato. *Energy Policy*, 132(), 1092-1100. doi:10.1016/j.enpol.2019.06.064
- Commissione europea (2019). Sistema informativo geografico sul fotovoltaico. Strumento *interattivo*. Recuperato da [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- Commissione europea (2022). Sistema informativo geografico sul fotovoltaico. Recuperato da [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVPi](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPi)
- Free Energy Planet (2021). Come funzionano i sistemi termosifonici. Recuperato da <https://www.freeenergyplanet.biz/solar-water-heater/how-do-thermosyphon-systems-work.html>
- Johnson, S. K. (2019). Le colture sotto i pannelli solari possono essere un vantaggio per tutti. *Ars Technica*, settembre, 5.
- Stazione meteorologica KeeYess Kit: <https://www.amazon.es/KeeYees-meteorol%C3%B3gica-Temperatura-Barom%C3%A9trica-Breadboard/dp/B07T2H5QXC>
- Meteomanz (2022). <http://www.meteomanz.com/>
- Strumento del sito web PGIS: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)
- Pilarska, Dominika; Beben, D.; Rak, A.; Perkowski, Z. (2018). Strutture spaziali a barre basate su ottaedri - la forma delle coperture di grandi aree. *MATEC Web of Conferences*, 174(), 03007-. doi:10.1051/mateconf/201817403007
- Solar Sena (2021). Calcolatore dell'orientamento dei pannelli solari. Recuperato da <https://solarsena.com/solar-panel-orientation-calculator/>
- Ubidots (2021). Sito web per riflettere i valori del sistema arduino: <https://ubidots.com/>