



**Dipartimento di Fisica**  
Università di Ferrara

**INFN/CNR**  
UdR di Ferrara



# Prospettive per la concentrazione solare in Italia

**Dr. Marco Stefancich**  
Dipartimento di Fisica/CNR  
Università di Ferrara  
&  
CPOWER S.r.l



**Laboratorio Sensori e Semiconduttori**

---

# Introduzione

- **Consumi energetici civili e contributo solare**
- **Il solare termico “tradizionale”**
- **Il solare fotovoltaico “tradizionale”**
- **La proposta innovativa:**
  - La concentrazione solare come sistema cogenerativo**
- **I perché della concentrazione solare**
- **La ricerca sui sistemi a concentrazione**
- **Vantaggi e problemi**
- **Prospettive tecnologiche e commerciali dei sistemi a concentrazione.**
- **Conclusioni**

# Consumi energetici civili ed energia dal sole

## Quanto consuma l'abitazione italiana media?

Consideriamo 4 persone che vivano in un appartamento di 100 mq costruito con tecnologia tradizionale (ma non troppo “al risparmio”)

- Riscaldamento e sanitari:

13000 kWh/Anno

(ovvero circa 1500 litri di GPL o 1200 m<sup>3</sup> di metano)

- Illuminazione e servizi elettrici

3000 kWh/Anno

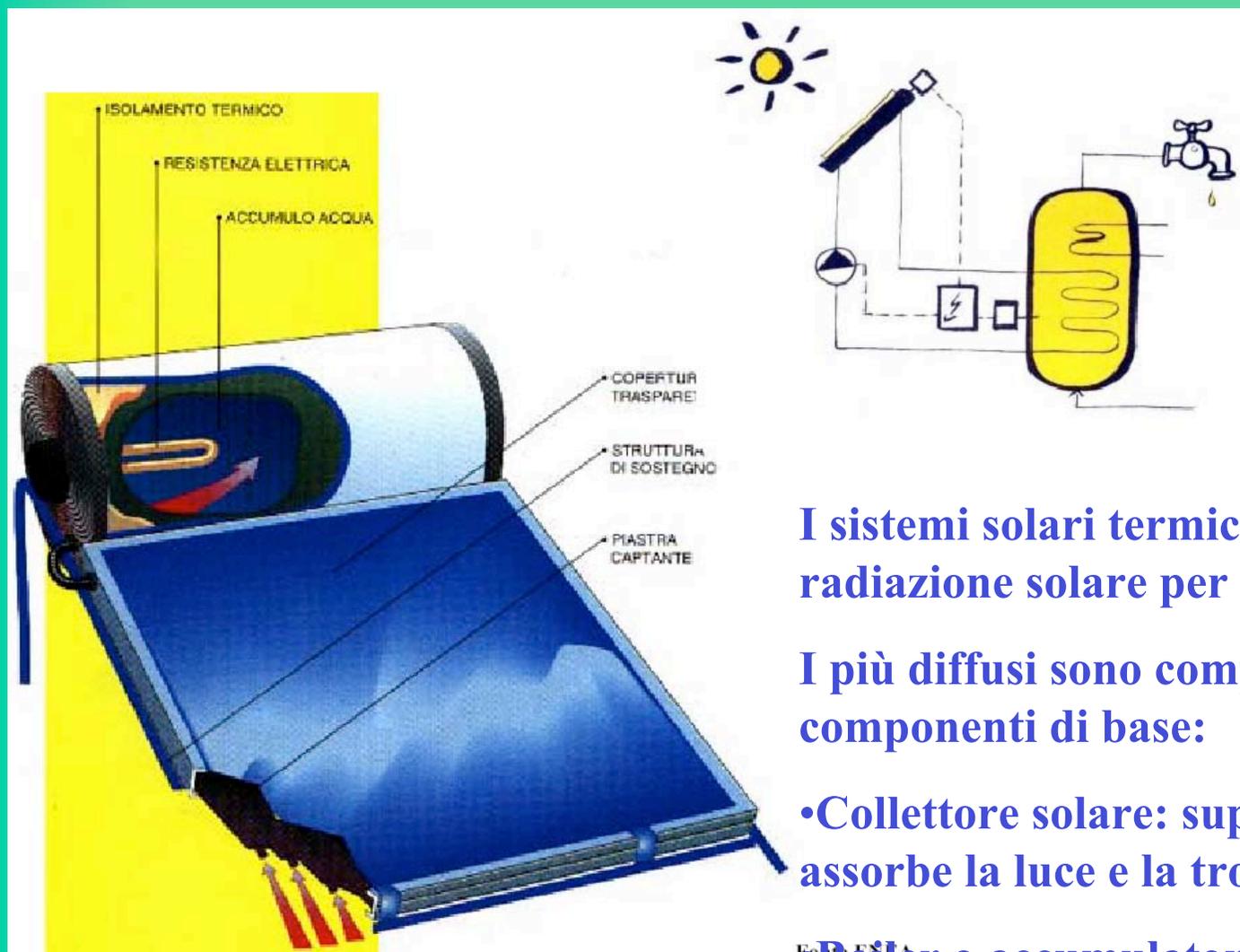
## Quanta energia fornisce il sole?

- Flusso energetico medio (45° Nord)

1300 Kwh/m<sup>2</sup>/Anno

**Il sole è in grado di fornire, se opportunamente sfruttato, l'energia necessaria per le abitazioni civili.**

# Energia solare per riscaldamento domestico

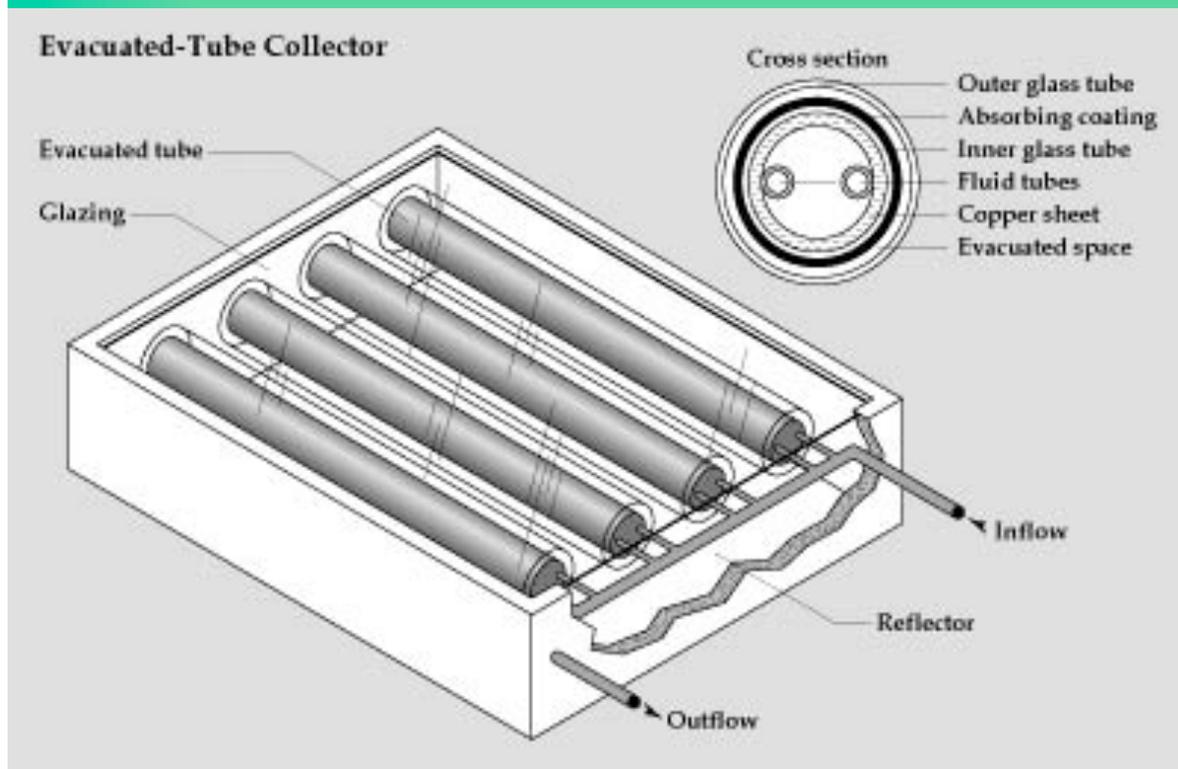


I sistemi solari termici utilizzano la radiazione solare per produrre calore.

I più diffusi sono composti da 3 componenti di base:

- Collettore solare: superficie scura che assorbe la luce e la trasforma in calore
- Boiler o accumulatore di calore
- Circuito che trasporta il fluido termovettore ad accumulatori

# La struttura di un collettore solare evacuato



In questi collettori i tubi sono “anneriti” con rivestimenti selettivi che assorbono bene la luce ma emettono pochissimo calore come infrarossi. I tubi, in cui scorre il fluido da scaldare, sono inseriti in una camera a vuoto annullando perdite per convezione o conduzione.

Possono operare, con fluidi speciali, fino a 180 C°



Più costosi della tecnologia convenzionale sono più efficienti (minori perdite) e raggiungono temperature più alte che, oltre al riscaldamento domestico, aprono la via anche ad applicazioni quali il raffrescamento ad assorbimento.

## L'accumulatore di calore



Poiché l'uso del calore non coincide con il periodo della sua produzione è necessario un accumulo in contenitori termicamente isolati.

La dimensione del contenitore e il suo grado di isolamento determinano la percentuale di utilizzo del calore ricavato dal collettore

Maggiore è la temperatura del fluido maggiore è l'energia accumulata ma allo stesso modo sono maggiori le perdite termiche.

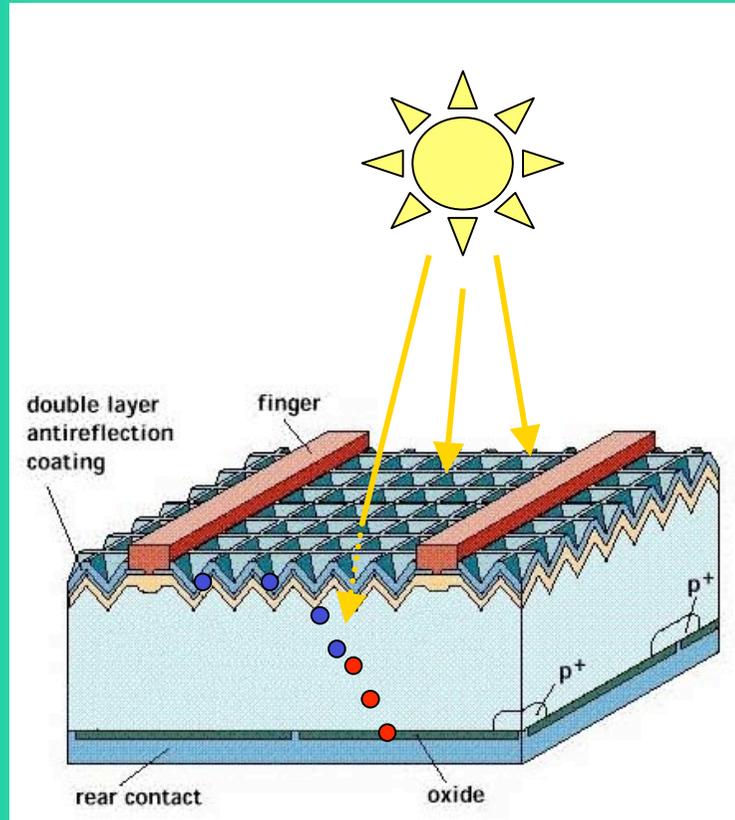
L'efficienza complessiva del sistema è quindi tanto maggiore quanto minore è la temperatura a cui opera l'impianto di riscaldamento.

Per un contributo del 20% sulle spese di riscaldamento è necessario un accumulo di circa 10 l/m<sup>2</sup> di superficie abitativa (1000 l per un appartamento normale di 100 m<sup>2</sup>). I bassi tempi di ammortamento di questi sistemi ne suggeriscono un uso diffuso.

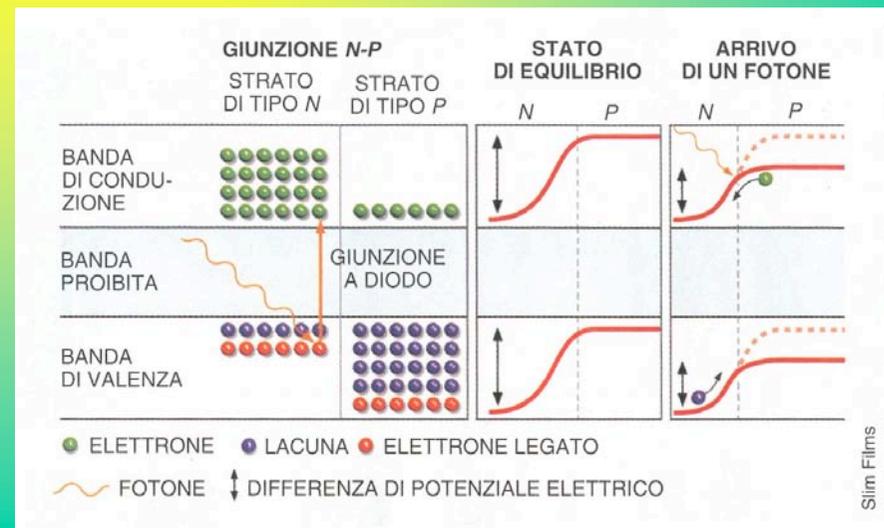
# Che cos'è il PV ?

*Conversione diretta della luce in energia elettrica.*

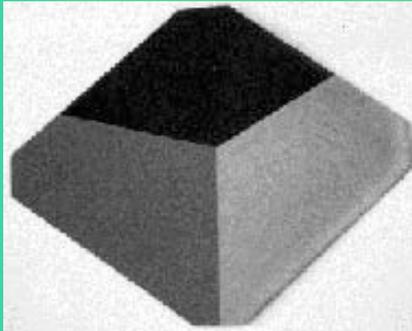
La potenza tipica inviata dal sole sulla terra è di  $1000 \text{ W/m}^2$ , ma solo il 15-16 % può essere convertito in energia elettrica utile



Il materiale più diffuso per la generazione fotovoltaica è il silicio



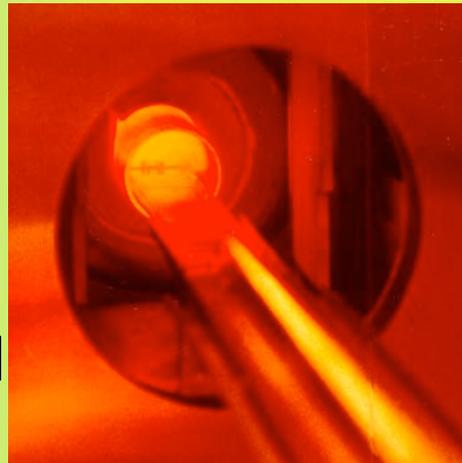
# Come si costruisce una cella fotovoltaica



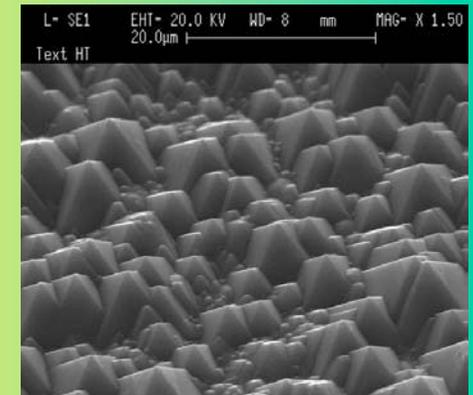
Con opportuni processi chimici la superficie del silicio viene resa rugosa per ridurre la riflettività



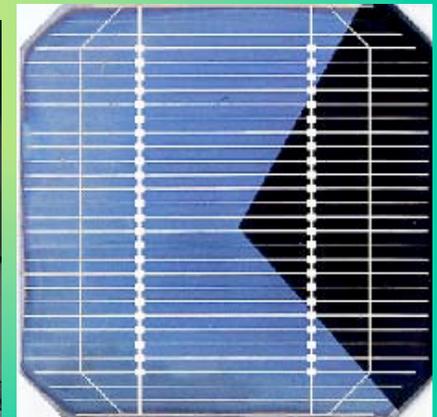
Paste metalliche semifluide vengono stampate, e poi cotte, sul fronte e retro della fetta per creare i contatti elettrici.



Un trattamento in forno a 650 C in atmosfera di fosforo “droga” la superficie rendendola ricca di lacune. Creazione del diodo



In un altro forno (LPCVD) viene depositato uno strato di nitruro di silicio per ridurre ulteriormente la riflettività dei wafer



## ... e come si costruisce il wafer

Quarzite ( $\text{SiO}_2$ )

18 kg



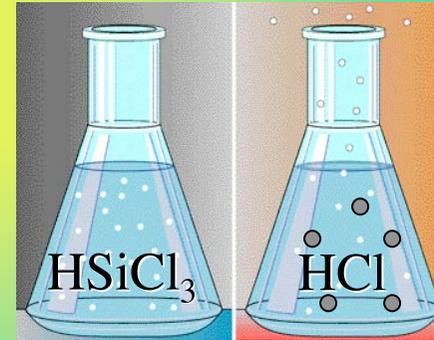
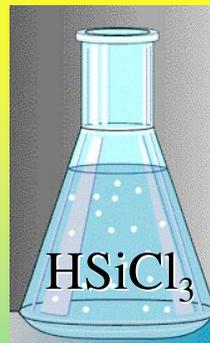
Fornace ad arco  
 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}_2$



Reazione con  $\text{H}_2$  (1200 °C)  
 $\text{HSiCl}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si} + 3\text{HCl}$

Distillazione  
(200-400 °C)

$\text{HSiCl}_3$



La complessità del processo rende costoso il materiale e ne limita la disponibilità sul mercato.

# Il ruolo dell'energia solare

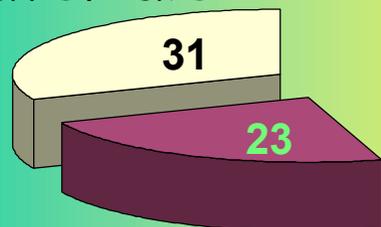
Può l'energia solare fotovoltaica (i pannelli piani) fornire una risposta “pulita” per soddisfare il fabbisogno di energia?



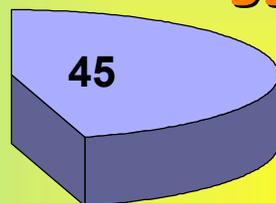
# Analisi economica dei pannelli fotovoltaici piani

Nei pannelli fotovoltaici piani il costo é diviso in 3 parti

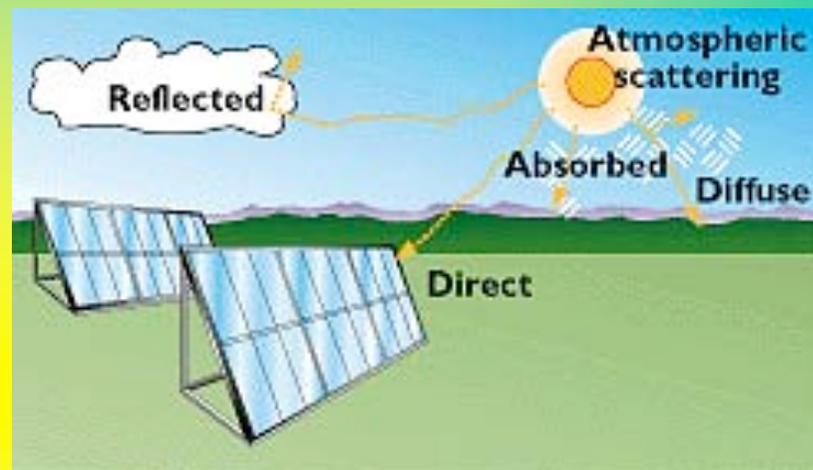
Materiale



Assemblaggio



Lavorazione della cella



Il costo finale del sistema é di 5.6 €/W

Per l'elevato costo del materiale di partenza e della lavorazione non é prevedibile una riduzione dei costi

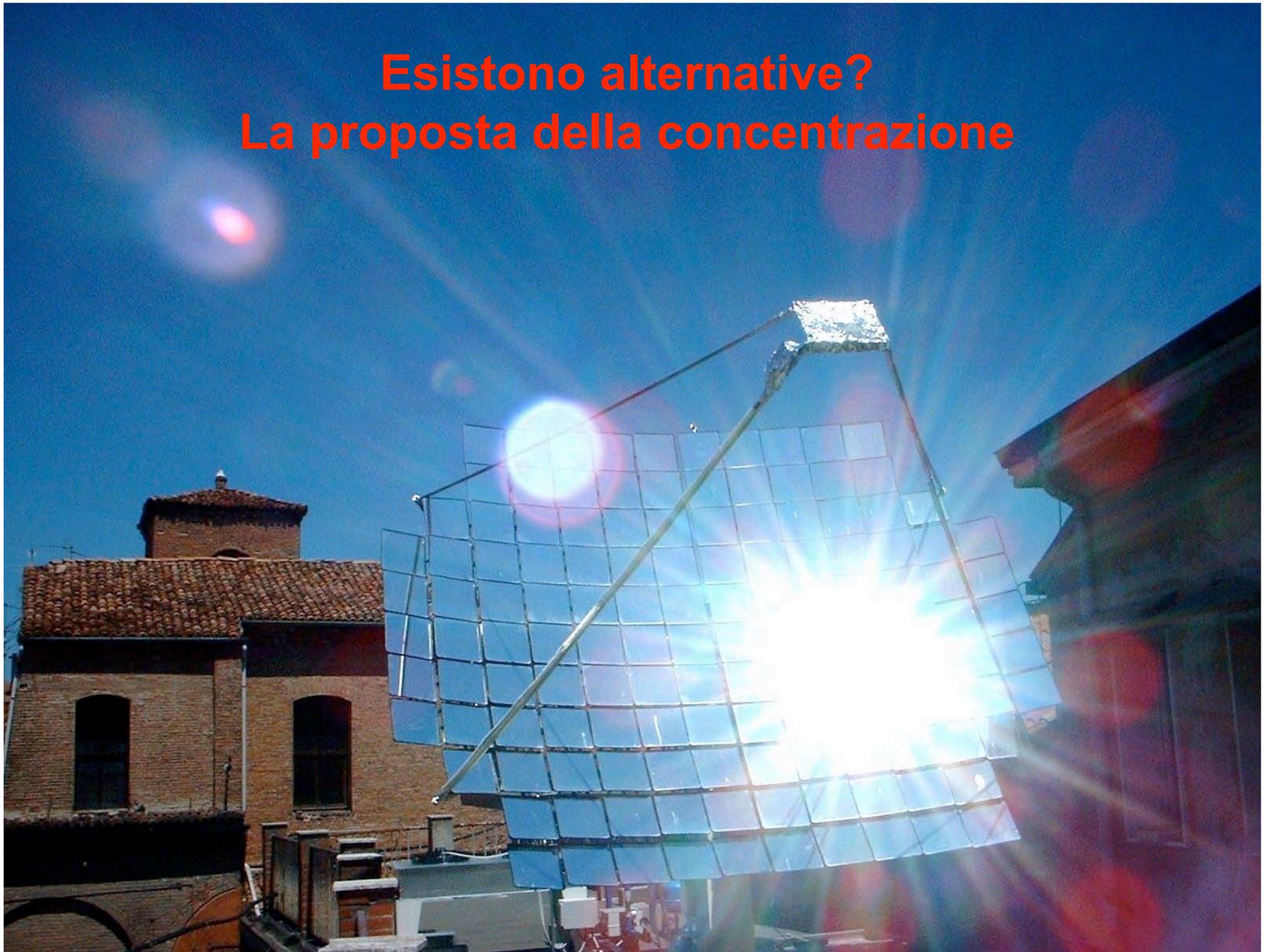
I sistemi fotovoltaici non concentrati non possono, quindi, essere proposti come fonte per produzione di energia su larga scala

## **... quindi...**

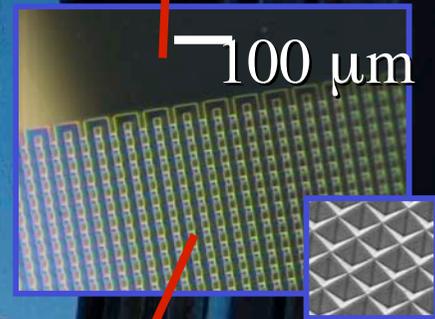
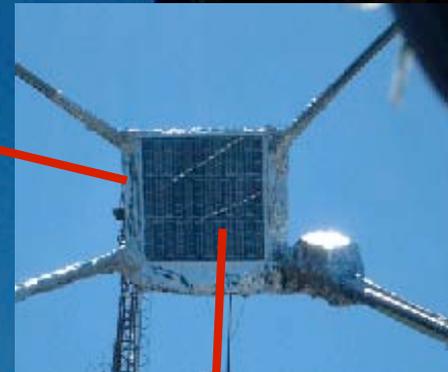
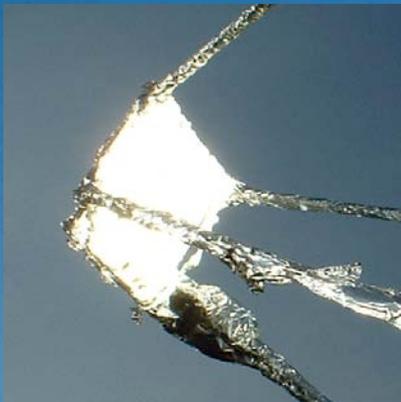
- La complessità di realizzazione del processo rende difficile un aumento rapido della capacità produttiva delle celle.
- Al momento la capacità produttiva si aggira sui 1800 MW/anno
- Il processo di raffinazione del silicio è complesso e costoso e la domanda di “wafer” eccede in questo momento la richiesta.
- Questa situazione non potrà essere variata fino attorno al 2010 in cui le nuove silicon farm (principalmente nel far-east e USA) entreranno in funzione.
- Non necessariamente un aumento della disponibilità del silicio ne ridurrà il costo.

**Per questi motivi il fotovoltaico piano non può essere considerato una potenziale fonte energetica su ampia scala per i prossimi decenni.**

**Esistono alternative?  
La proposta della concentrazione**



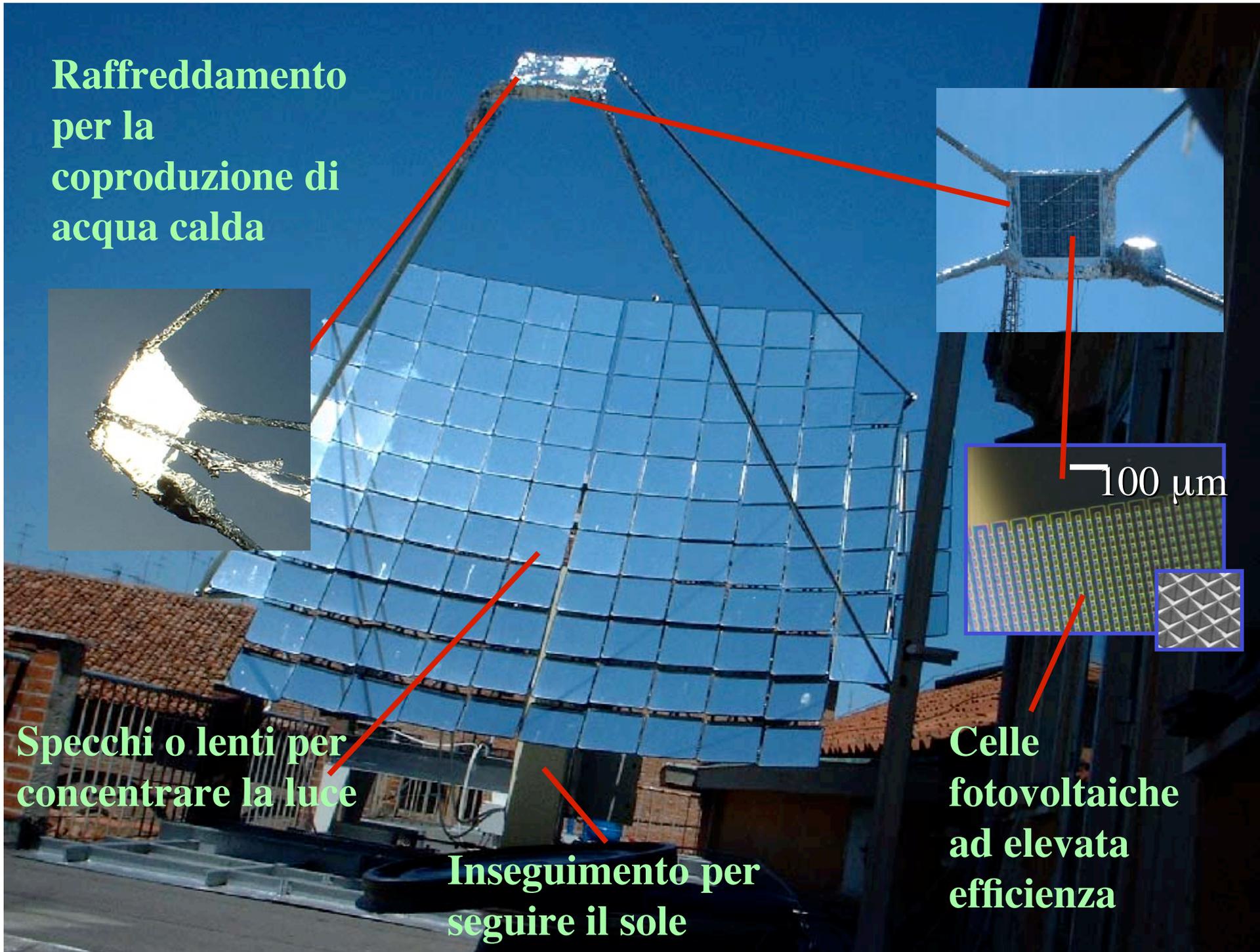
**Raffreddamento  
per la  
coproduzione di  
acqua calda**



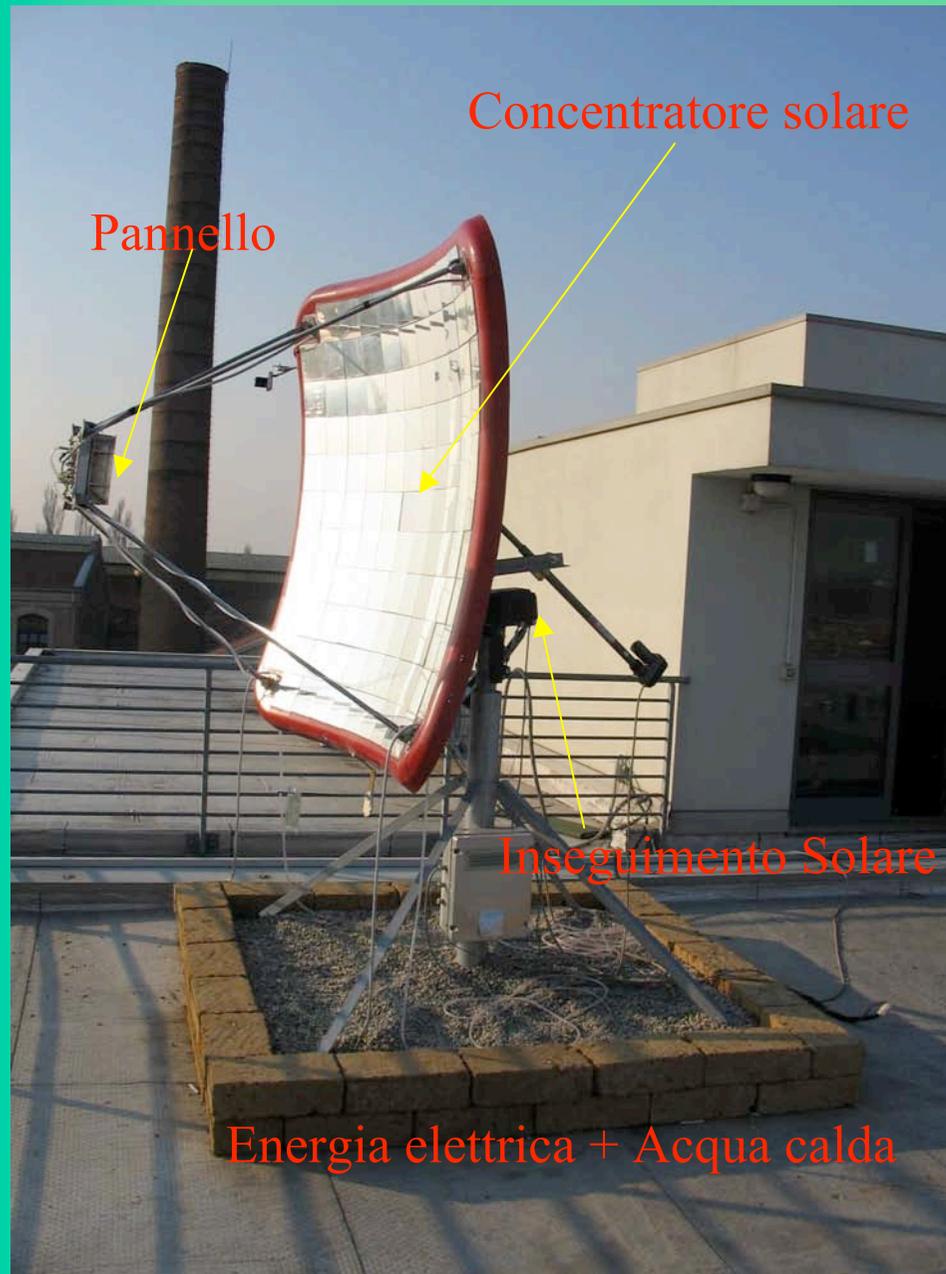
**Specchi o lenti per  
concentrare la luce**

**Inseguimento per  
seguire il sole**

**Celle  
fotovoltaiche  
ad elevata  
efficienza**



# L'idea: un “elettrodomestico” solare



È attualmente in funzione, presso l'Università degli Studi di Ferrara, un prototipo di concentratore solare per produzione di energia elettrica e termica a bassa temperatura.

Il necessario inseguimento solare assicura una produzione di energia del 30% superiore rispetto a un sistema piano avente stessa area con i maggiori vantaggi nel periodo invernale.

## Ulteriori esempi di sistemi a concentrazione



**Questo è un esemplare di sistema a concentrazione della statunitense Amonix**

## Ulteriori esempi di sistemi a concentrazione

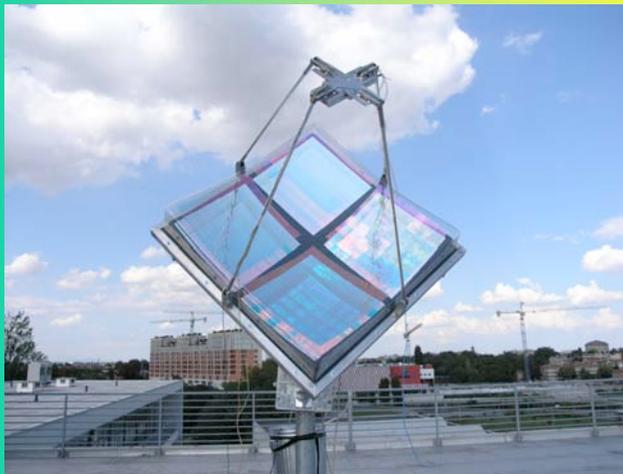


...recentemente installato presso l'Università di Madrid....

# ... un esempio di sistema ad elevata efficienza basato sulla separazione spettrale della radiazione



Pannelli  
di celle al  
Si e InGaP



# Vantaggi dei sistemi a concentrazione

- Costi inferiori, per unità di potenza, rispetto al fotovoltaico piano e grandi potenzialità di incrementare ulteriormente il rendimento.
- Maggiore energia prodotta a parità di potenza rispetto ai pannelli piani (dovuta all'inseguimento solare).
- Ridotto uso di silicio e quindi insensibilità alla rigidità dell'offerta di questo materiale
- Facilità di produzione di massa (stampi, motori, supporti, vetreria sono industrie comuni e diffuse)
- Maggiore facilità di installazione
- Facilità nella modifica delle dimensioni e, quindi, della potenza.

**Per questi motivi il fotovoltaico a concentrazione può essere considerato una potenziale fonte energetica su ampia scala.**

## La coesistenza con i sistemi a pannelli piani

	Sistemi piani	Sistemi a concentrazione
Costo per Watt	6	<5
Integrabilità architettonica	Alta	Bassa
Produzione energetica per KW installato	1300 KWh/Anno	1700 KWh/Anno
Produzione su larghissima scala	Limitata da disponibilità di silicio	Nessun limite evidente
Applicazione preferenziale	Installazioni domestiche	Centrali energetiche/ coproduzione calore

**Per questi motivi il fotovoltaico a concentrazione può essere considerato una potenziale fonte energetica su ampia scala ed è compatibile con l'attuale mercato del fotovoltaico piano.**

## **I partners della ricerca**

**Le ricerche sulla concentrazione presso l'Università di Ferrara sono state rese possibile, in diversa misura, dalla collaborazione e dal sostegno di vari partners pubblici e privati che qui citiamo in ordine alfabetico.**

**Bipres S.p.a**

**Provincia di Ferrara**

**Edison S.p.a.**

**Regione Emilia Romagna**

**ENEA**

**Unione Europea**

**Hybritec S.r.l.**

**Valsecchi Alfredo**

**Perer S.r.l.**

## **Prospettive commerciali**

**L'Università degli Studi di Ferrara, con la partecipazione di diversi partners privati, ha fondato uno spin-off per la produzione e commercializzazione di sistemi fotovoltaici a concentrazione.**

**La neonata società, Cpower s.r.l., è attualmente impegnata in un livello di ricerca industriale e prevede di proporre entro 1 anno i primi sistemi completi sul mercato.**