

# TESPI

## Thermal Electric Solar Panels Integration

La possibilità di costruire un pannello ibrido che unisca il solare termico al fotovoltaico, rappresenta un obiettivo di grande interesse pratico. In realtà, se da un lato i pannelli termici e fotovoltaici rappresentano un investimento considerato di primaria importanza a livello europeo, dall'altro essi sono dotati di un'efficienza troppo bassa e risultano poco competitivi dal punto di vista economico. La vera limitazione consiste nell'efficienza media di un pannello fotovoltaico: l'efficienza del silicio amorfo si attesta in un range compreso tra il 5% ed il 10%, mentre il silicio policristallino, in genere utilizzato in applicazioni terrestri, presenta un'efficienza di poco superiore: in pratica tra il 10% ed il 15%. Entrambi i sistemi dissipano sotto forma di calore dall'85% al 95% dell'energia solare.



*Figura 1 : Un pannello per applicazioni termiche*



*Figura 2 : Un tipico pannello fotovoltaico*

D'altra parte i collettori solari sono largamente diffusi ed utilizzano la radiazione solare per produrre acqua calda con temperature comprese tra i 50°C ed i 70°C e con un'efficienza di conversione della radiazione solare di circa il 50%. Si nota qui che i valori più alti citati spesso in letteratura fanno riferimento a condizioni molto particolari di insolazione e salto termico; il valore del 50% è una ragionevole stima della resa effettiva di un buon pannello nel corso dell'anno.

Un modo per aumentare l'efficienza del sistema, senza incorrere in un grosso aumento dei costi, consiste nell'integrare i due sistemi: quello termico e quello fotovoltaico. I vantaggi che si otterrebbero da questo abbinamento sarebbero rilevanti: con la medesima superficie esposta, si otterrebbero sia potenza elettrica (generata dal pannello fotovoltaico) che termica (l'equivalente di un collettore termico tradizionale) e il sistema nel suo insieme avrebbe un costo decisamente inferiore alla somma dei costi dei singoli sistemi.

I problemi che si pongono sono tuttavia tutt'altro che banali:

- La deriva termica che interessa il silicio, contribuisce a diminuire l'efficienza di conversione del sistema fotovoltaico al crescere della temperatura (un pannello PV, utilizzato come copertura di un collettore termico ha un'efficienza elettrica più bassa)
- Il pannello termico ottimale si basa su un buon isolamento termico ed una cattura quasi totale della radiazione e questo requisito contrasta con le specifiche del pannello PV
- I due sistemi hanno una struttura molto diversa, elettronica e termo-meccanica rispettivamente, e ci sono problemi a livello di compatibilità di materiali.

Tuttavia l'integrazione delle due tecnologie è di grande interesse per i suoi aspetti innovativi:

- E' possibile beneficiare dello stesso supporto che ha ottenuto il fotovoltaico dal *Building Integrated Photovoltaic*.
- E' utile all'ottenimento di un certificato energetico obbligatorio per la costruzione.
- Riflette le nuove tendenze nell'architettura moderna (sostenibilità, compatibilità risparmio)

Per questa ragione molti centri di ricerca lavorano su questo tema e sono state proposte diverse soluzioni. SIT è in contatto con questi centri di ricerca in Europa ma sicuramente molti altri sforzi sono in corso a livello mondiale per la realizzazione di sistemi ibridi.

Arontis R&D	Sweden	Manufacturer
Arsenal Research	Austria	Research Centre
Cenergia Energy Consult.	Denmark	Consulting Comp.
ECN	The Netherlands	Research Centre
ENEA	Italy	Research Centre
University of Patras	Greece	University

I centri europei hanno esplorato finora soprattutto due possibilità: l'utilizzo di aria per asportare calore dal pannello e l'utilizzo di una serpentina di rame posta sul retro del pannello PV per raffreddarlo.

In figura si mostrano due soluzioni sperimentate del secondo tipo (una commercializzata in Italia).



Figura 3 ENC project

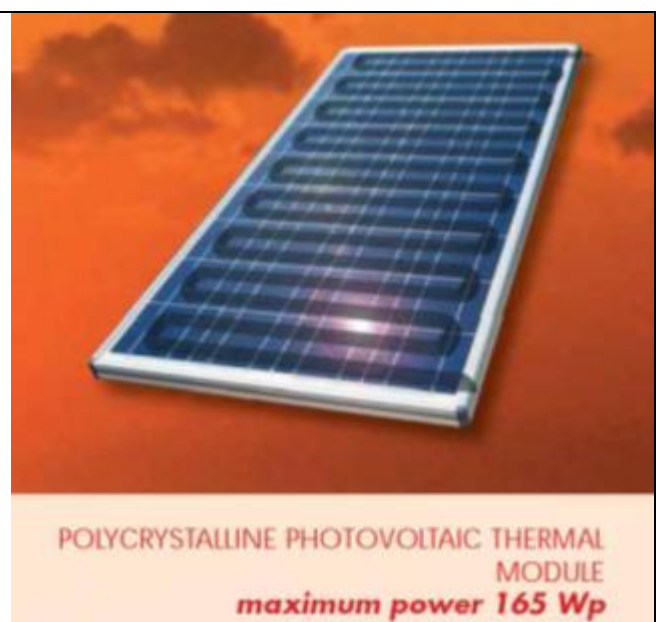


Figura 4 Pubblicità: un pannello ibrido italiano

SIT ha seguito una linea diversa ed il progetto TESPI, e relativo brevetto, sviluppano un diverso concetto.

## L'idea

Il funzionamento di TESPI si basa sul particolare comportamento dell'acqua come assorbitore di radiazione (la cosa è estendibile ad alcuni olii e a miscele con alcoli) che modifica lo spettro solare come si vede in figura 4. E' evidente come l'acqua sia in grado di assorbire fortemente nella zona dell'infrarosso senza sostanzialmente modificare la zona del visibile dove il silicio è particolarmente attivo..

Quindi è possibile utilizzare uno strato d'acqua per catturare la radiazione solare. L'effetto sarà quello di ridurre l'intensità della radiazione incidente sul pannello fotovoltaico, senza variare il fattore di conversione dal momento che la gran parte della radiazione catturata risiede nell'infrarosso.

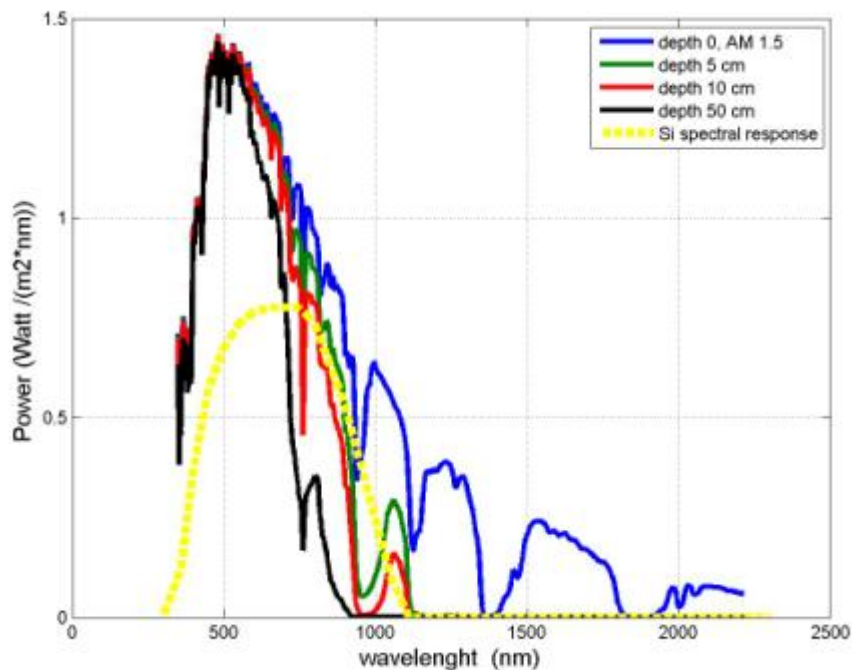


Figura 5 Spettro della radiazione solare (blu) che attraversa strati d'acqua di diversi spessori

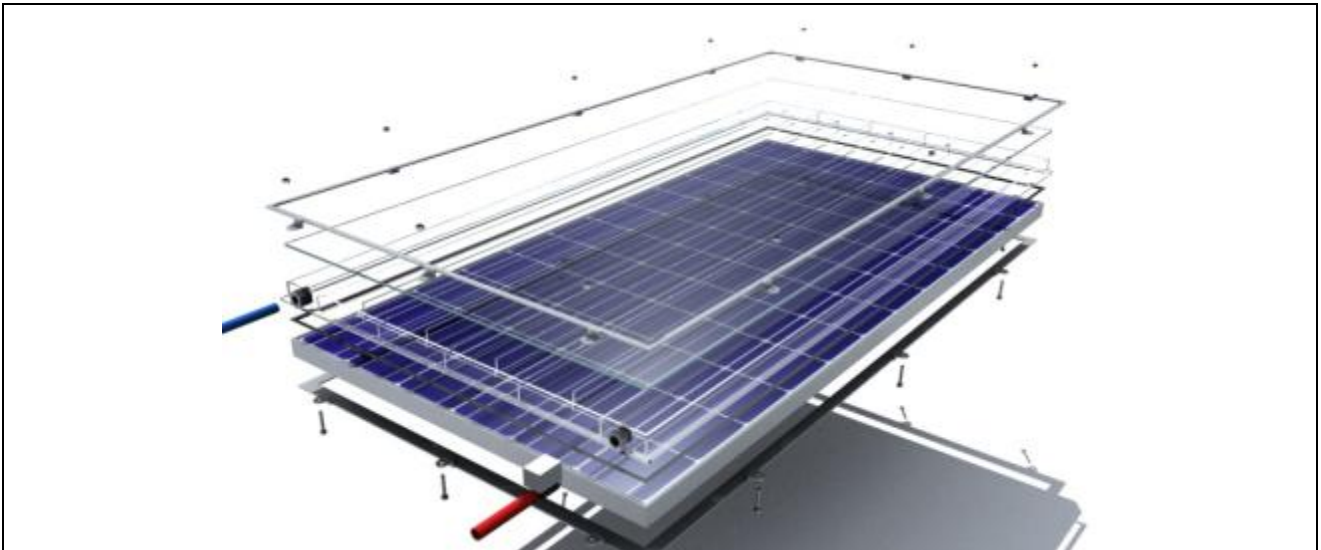
## Il brevetto n. BO2007A000094

Partendo da queste osservazioni, è possibile costruire un pannello strutturato come segue:

- Il pannello fotovoltaico è in contatto con lo strato d'acqua in grado di assorbire gran parte della radiazione infrarossa.
- L'acqua entra ad una estremità del pannello all'interno del quale circola lentamente aumentando la sua temperatura fino a 60°C per poi essere raccolta in un serbatoio. .

Questi sono i principali contenuti del brevetto presentato nel febbraio 2007 ed esteso a livello europeo nel 2008.

Nelle figure che seguono viene illustrato lo schema esploso del pannello e poi vengono mostrate alcune realizzazioni effettuate in oltre un anno di sperimentazione.



*Figura 6* Esploso del pannello TESPI



*Figura 7* Prototipo 2 (piccolo)



*Figura 8* Sovrastruttura in plexiglass



*Figura 9* Prototipo 1 : alluminio e policarbonato



*Figura 10* Prototipo 2 (grande) in plexiglass



*Figura 11* Prototipo 3 in policarbonato: l'acqua è direttamente a contatto col pannello PV

## Lo stato dell'arte e risultati.

La costruzione di TESPI ha posto diverse difficoltà di carattere tecnico ingegneristico piuttosto ovvie ma non per questo banali. Per questa ragione sono stati sperimentati diversi materiali e due configurazioni base:

- a) La configurazione più ovvia è quella di creare un modulo ad hoc per la circolazione dell'acqua. Questa soluzione è stata realizzata nel prototipo 2 usando plexiglass e in una seconda versione anche policarbonato. Questa soluzione è modulare e permette di trasformare in un sistema TESPI un pannello PV già posizionato e funzionante. Il principale limite sta nella necessità di stabilire un buon contatto tra il pannello PV e il modulo sovrapposto. Questo è facile per piccoli moduli (prototipo zero) ma presenta difficoltà per i moduli di grande dimensione.
- b) La soluzione alternativa è di mettere direttamente l'acqua a contatto con la superficie del pannello PV. Questa soluzione è stata sperimentata sia nel primo prototipo con una struttura in alluminio e policarbonato sia con il terzo prototipo con una soluzione più semplice in solo policarbonato. In questo caso lo strato di acqua è spesso 2 cm e circola nel pannello seguendo il percorso a serpentina visibile nella foto in figura 9.

Nell'ultima configurazione il peso della struttura per mq è di circa 4 Kg da confrontarsi con 3 Kg di alluminio normalmente utilizzati. A questi va aggiunto il peso dell'acqua e glicole (20 Kg mq) che porta il peso dell'intero pannello a circa 30 Kg per mq.

In ogni prototipo il sistema è stato dotato di una elettrovalvola, di due termocoppie di controllo e di una pompa per collettori termici a circolazione forzata. Il tutto è gestito da un PIC che ottimizza il flusso del fluido termovettore in modo da estrarre la massima energia possibile una volta fissato il valore della temperatura di uscita richiesta. La circolazione del fluido in un pannello o meglio in più pannelli in cascata ha lo scopo di ridurre le perdite per irraggiamento e conduzione ma anche di ridurre la temperatura dei pannelli PV migliorandone la resa.

Il sistema TESPI è stato sperimentato in diverse condizioni di irraggiamento e meteorologiche a partire dall'aprile 2008. Per permettere un ragionevole confronto sono stati studiati in parallelo anche i seguenti sistemi:

- a) Un pannello PV identico a quello su cui è stato montato il sistema TESPI
- b) Un collettore termico convenzionale a faccia piana
- c) Un pannello Fototherm commerciale con circolazione forzata di acqua nella parte posteriore

I risultati sono i seguenti:

- a) La resa elettrica del pannello TESPI è uguale o leggermente superiore (2-3%) a quella del pannello PV esposto in aria. Questo è dovuto al fatto che il pannello PV riceve una radiazione ridotta ma lavora in realtà ad una temperatura mediamente più bassa di circa 20-30 °C rispetto al pannello in aria.
- b) La resa termica è più complessa da valutare. Il confronto con il pannello Fototherm ha mostrato una efficienza superiore di circa il 40%. Il confronto con un collettore termico commerciale a doppio vetro dà una efficienza inferiore di qualche punto percentuale (da 5 a 10 a seconda delle condizioni di lavoro) e questo è in linea con il fatto che la radiazione utile per la conversione in calore è ridotta dal prelievo elettrico da parte del sistema PV.

***In conclusione il pannello TESPI risponde positivamente ad un requisito severo: non perdere nulla nella conversione elettrica ed avere una buona efficienza dal punto di vista termico.***

***In particolare, alle latitudine di Roma un mq di pannello Tespi fornisce in un anno circa 220 kWh elettrici e 600 kWh termici in linea con i due pannelli separati termico e fotovoltaico.***

Il pannello è stato studiato anche nelle condizioni di non utilizzo della parte termica. In questo caso la temperatura durante il periodo di insolazione sale uniformemente ma si mantiene comunque di una decina di gradi più bassa del sistema PV esposto in aria direttamente a causa della forte inerzia termica del fluido termovettore. Naturalmente in questo caso la resa termica è nulla ma si è comunque verificato che l'efficienza elettrica non viene penalizzata.

Una soluzione alternativa di notevole interesse potrebbe essere quella di mettere in funzione, in caso di non utilizzo, uno scambiatore di calore situato a bassa profondità nel terreno attuando così una integrazione con un sistema geotermico ad uso abitativo. Questa soluzione che sembra presentare notevoli vantaggi rientra comunque nella linea delle tecnologie volte ad un migliore sfruttamento delle rese termiche che sono intrinsecamente più vantaggiose nel periodo estivo, quando le utenze sono ridotte.

Su questo vi è molto lavoro e molte società specializzate svolgono una intensa attività di progettazione e realizzazione.

### **Costi e ciclo di vita**

Il costo del pannello dipende dal modo in cui viene realizzato. Se si pensa ad una integrazione di un pannello preesistente il costo è di circa 50 €/mq dovuto alla struttura in policarbonato che deve essere integrato sul pannello esistente. Plexiglass e vetro sono stati esclusi per problemi di robustezza e di costi : il plexiglass tende ad opacizzare, il vetro è fragile ed entrambi hanno costi nettamente superiori al policarbonato.

Se invece si pensa ad una produzione del sistema ab initio i costi sono dell'ordine dei 10 euro a mq in quanto si tratta di sostituire la scatoratura in alluminio con una un po' diversa in policarbonato.

I problemi dell'accoppiamento termico e del controllo sono da prendere attentamente in considerazione distinguendo quanto è caratteristico del pannello TESPI e quanto di qualsiasi equivalente impianto termico solare. Limitandosi alla parte relativa al collettore e trascurando i costi comunque necessari dello scambiatore di calore e della tuberia i costi sono molto bassi e stimati a circa dieci euro.

Più complessa risulta l'analisi del ciclo di vita. I pannelli PV sono studiati per durare 20 anni anche se su questo non esiste, per ovvi motivi, una adeguata rilevazione statistica. Inoltre va rilevato che si ritiene che vi sia una perdita di efficienza di circa un punto percentuale all'anno dovuti agli stress termici e agli agenti atmosferici. Il policarbonato normalmente viene garantito per dodici anni dopo di che si ha una leggera perdita della trasparenza dovuta all'azione dei raggi ultravioletti.

Le soluzioni possibili sono diverse:

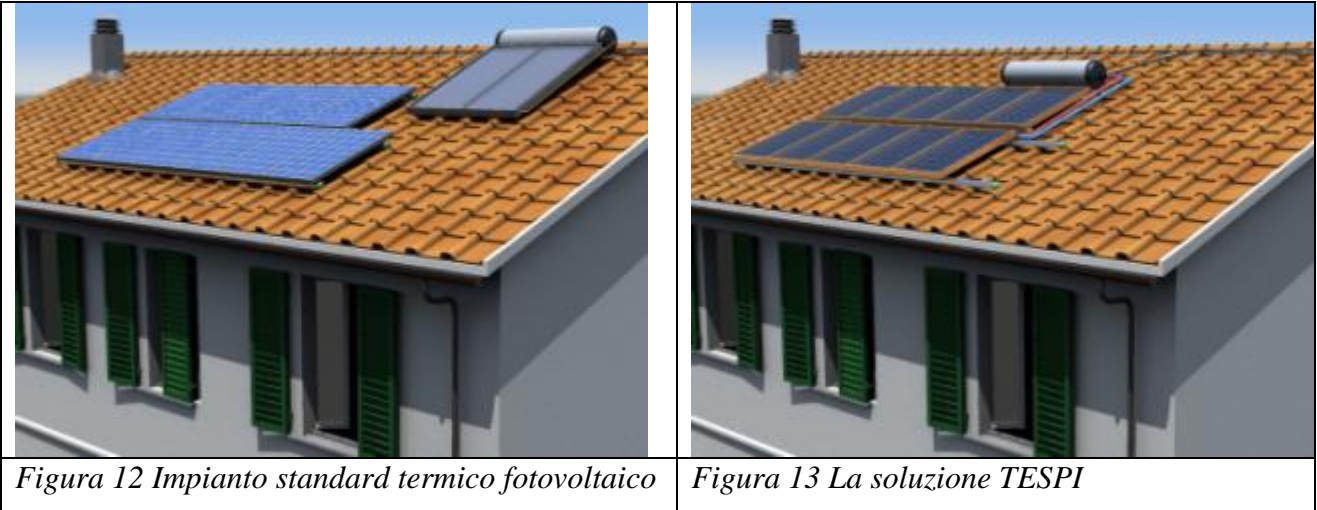
- si può ricorrere a dei coating sottili anti UV
- sostituire il policarbonato col vetro: questo comporta tuttavia una serie di costi ulteriori e una maggiore fragilità del sistema
- studiare trattamenti specifici del policarbonato che ne aumentano il ciclo di vita
- studiare la possibilità di sostituire il policarbonato dopo dieci anni (costo aggiuntivo).

Va comunque osservato che per quanto concerne il pannello PV le risposte attese migliorano in quanto le condizioni di esercizio sono migliori: vi è infatti una maggiore protezione dagli agenti esterni ed una minore escursione termica per cui ci aspettiamo una maggiore stabilità del pannello PV ed una sua migliore resa sulla distanza.

## Le applicazioni

### *TESPI per uso abitativo*

Esistono diverse possibilità di applicazione del brevetto TESPI. Il primo è certamente il pannello fotovoltaico termica per abitazioni illustrato in figura qui sotto.



*Figura 12 Impianto standard termico fotovoltaico*

*Figura 13 La soluzione TESPI*

Le differenze sono rilevanti

Il sistema a convenzionale è costituito da due parti: 25 mq di pannelli PV e 6 mq di collettori termici e fornisce energia elettrica e termica sufficiente per un appartamento con 4 inquilini.

Il sistema TESPI ha un unico blocco di 25 mq e fornisce energia elettrica per un appartamento e calore per 3 equivalenti unità abitative.

Questo è un notevole vantaggio nella gran parte delle abitazioni cittadine dove il fotovoltaico può sopperire a una piccola parte del fabbisogno elettrico di una struttura abitativa compatta spesso da molti appartamenti in più piani. In tal caso il fabbisogno termico di più appartamenti può essere soddisfatto senza dover disporre di ulteriori superfici esposte alla radiazione.

Nel caso di utenze monofamiliari si è in presenza, nel periodo estivo di un eccesso di calore che può essere sfruttato o per utilizzi diversi (riscaldamento piscina, sistema di refrigerazione etc), sia inviato a massa con uno scambiatore di calore interrato accoppiato ad un sistema geotermico superficiale e dotato di pompe di calore. Vedi figura.

Queste soluzioni come anche il modo di accoppiamento del collettore con la distribuzione di calore della casa e la sua integrazione, inevitabile nei mesi freddi, con la caldaia a metano, sono oggetto di studi domotici molto promettenti volti all'ottimizzazione del consumo e al risparmio energetico di una unità abitativa. In questi casi disporre di una sorgente maggiore di calore a costo sostanzialmente nullo è comunque un vantaggio che può essere utilmente gestito nell'equilibrio complessivo del sistema.

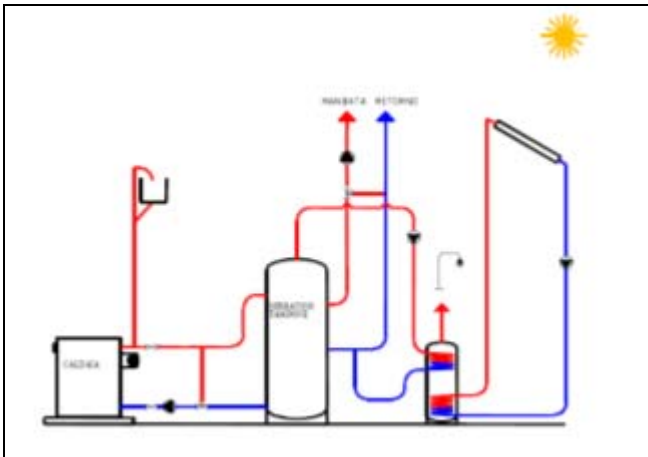


Figura 14 Schema di impianto termico standard con serbatoio di accumulo.



Figura 15 Schema di casa con sistema di scambio geotermico e pompa di calore.

### TESPI per uso industriale : grandi impianti

TESPI può essere vantaggiosamente usato in grandi impianti industriali ove sia necessario disporre di energia elettrica e termica.

La figura sotto illustra uno schema possibile di un grande collettore piano elettrico e termico. La figura a lato evidenzia la scelta di circolazione dell'acqua che permette di mantenere a bassa temperatura gran parte dell'impianto con vantaggi di resa elettrica considerevoli. La scelta di utilizzare collettori in configurazione piana è dovuta al fatto che questo impianto è pensato per latitudini basse dove i vantaggi di avere il pannello inclinato sono trascurabili mentre la funzionalità operativa di avere un sistema piano di grandi superfici è notevole. Naturalmente lo stesso sistema può essere progettato con supporti regolabili e inclinazione variabile senza modifiche rilevanti della parte termica.



Figura 16 Schema di un grande impianto TESPI

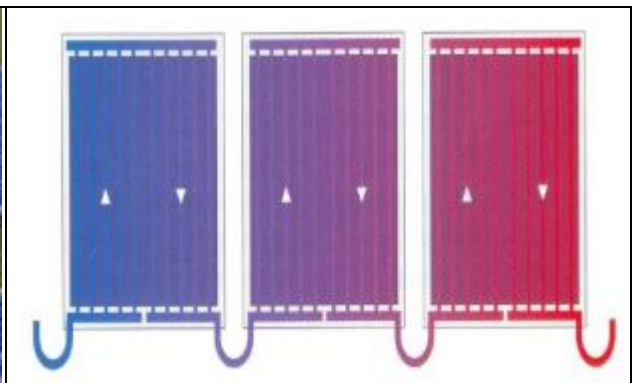


Figura 17 Schema in serie per i diversi moduli

### Conclusioni

In conclusione, il progetto TESPI, ha due attori importanti con ruoli complementari ed integranti: calore e temperatura:

- La conversione fotovoltaica ha una efficienza uguale-maggiore rispetto ai pannelli standard.
- Il riscaldamento dell'acqua ha un'efficienza pari a quella dei collettori tradizionali.
- Il sistema risulta meno invasivo in quanto riduce le superfici necessarie.
- I costi sono confrontabili con quelli del pannello fotovoltaico e a seconda del tipo di soluzione adottata possono essere valutati a un massimo di 50 euro a mq.