



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DIEF**

Dipartimento di  
Ingegneria Industriale



# Modello di caminetto termoelettrico cogenerativo

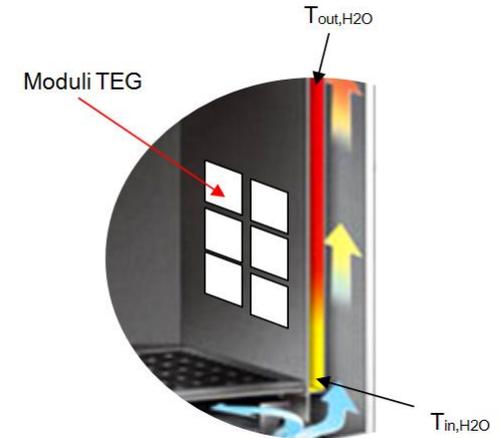
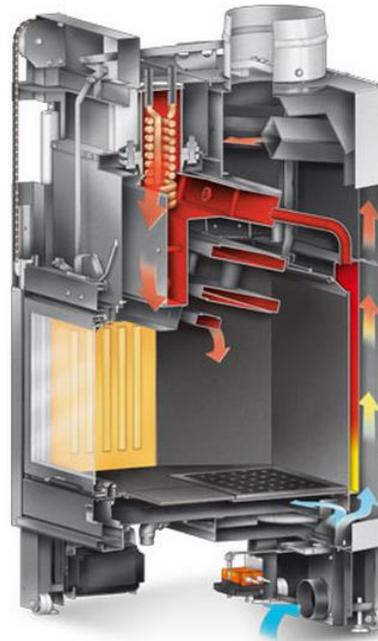
**LAUREANDO**  
**Giacomo Fontani**

**RELATORE**  
**Giampaolo Manfrida**

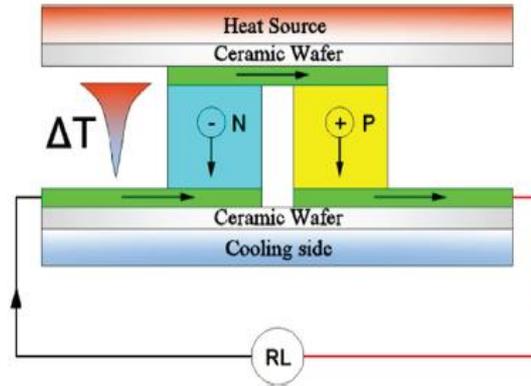
- Crescente richiesta di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili
- Sviluppo di nuove tecnologie per la combustione della biomassa



Modello di Termocamino  
con aggiunta di moduli  
termoelettrici



1821  
Effetto SEEBECK



Forza  
elettromotrice  
trascurabile

1990  
Sviluppo di materiali  
semiconduttori

- Bismuto - Tellurio (  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  )
- Piombo - Tellurio (  $\text{PbTe}$  )
- Silicio - Germano (  $\text{SiGe}$  )



Aumento interesse  
del termoelettrico da  
parte dei ricercatori

## Caratteristiche dei moduli attuali:

### Vantaggi:

- Struttura solida
- Assenza di rumore
- non necessitano di manutenzione
- Recupero calore di scarto o in eccesso

### Svantaggi

- Rendimento di conversione basso
- Necessitano di un sistema di raffreddamento
- Costo ancora troppo elevato

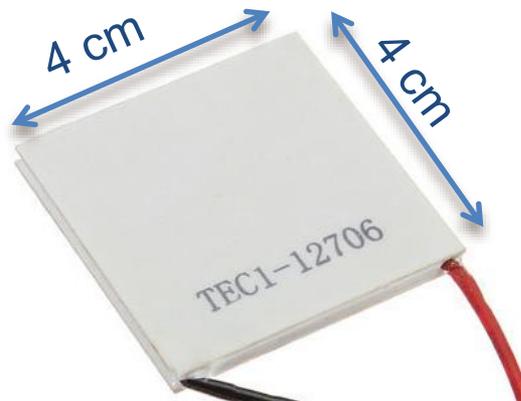
## Prodotti Attualmente in Commercio

I moduli più reperibili sono quelli al  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$



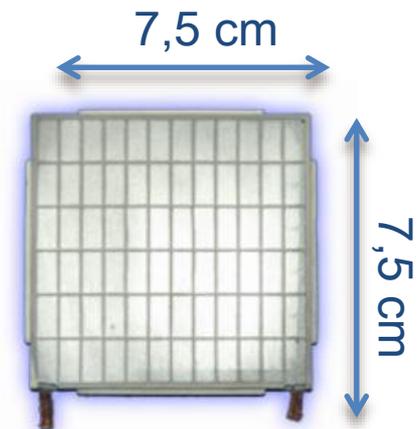
### Moduli per Basse Temperature

- $T_{\text{hot}} = 80 - 160 \text{ C}^\circ$
- $T_{\text{cold}} = 50 \text{ C}^\circ$
- $\eta = 4 - 6 \%$
- $P_{\text{max}} = 1,5 - 4 \text{ W}$
- Cost = 2-5 \$



### Moduli per Alte Temperature

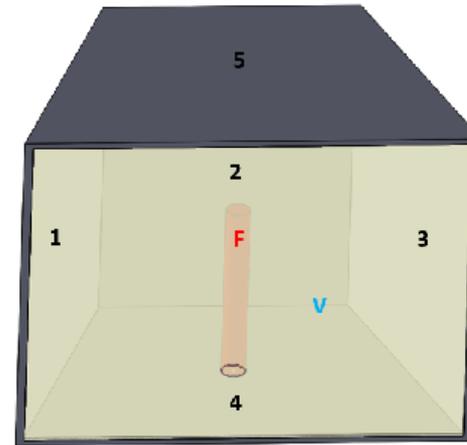
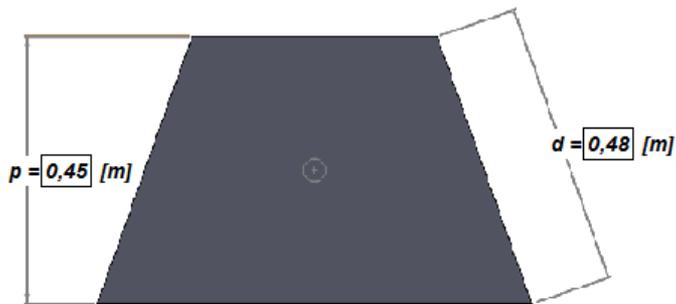
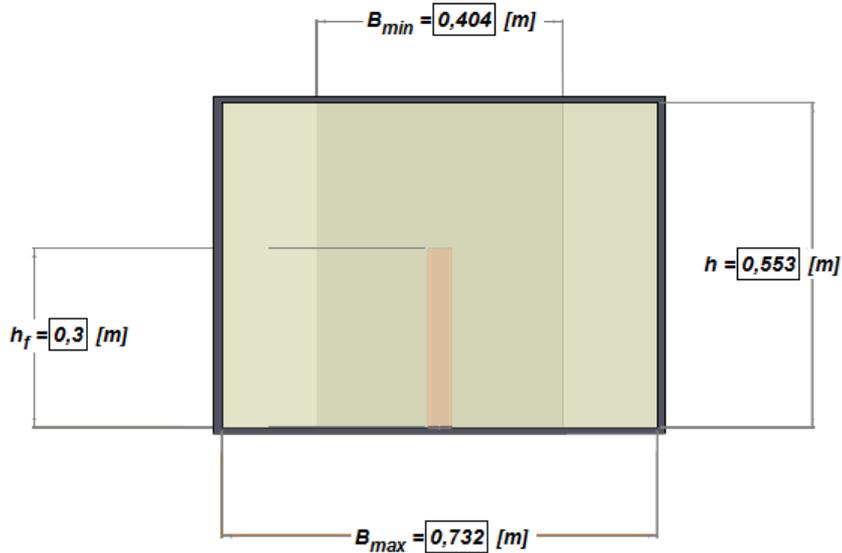
- $T_{\text{hot}} = 250 \text{ C}^\circ$
- $T_{\text{cold}} = 50 \text{ C}^\circ$
- $\eta = 4 - 6 \%$
- $P_{\text{max}} = 19 \text{ W}$
- Cost = 100 \$



## Modello semplificato in EES

1. Realizzazione di un modello di camera di combustione
2. Analisi e ricerca della temperatura di fiamma
3. Stratigrafia ottimale delle pareti del termocamino
4. Comportamento radiativo del vetro
5. Analisi dei risultati e dei costi
6. Sviluppi Futuri

# 1. Camera di combustione



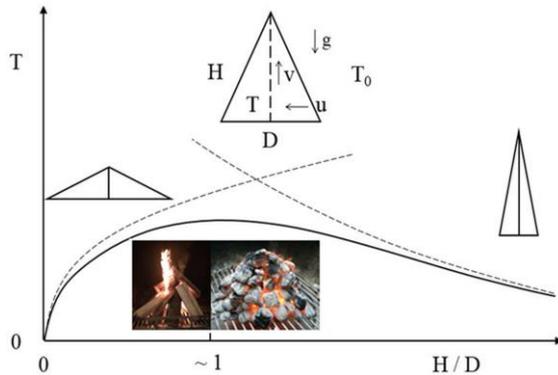
Prisma a base trapezoidale

- Fino a 42 moduli sulle pareti 1 e 3
- Fino a 35 moduli sulla parete 2

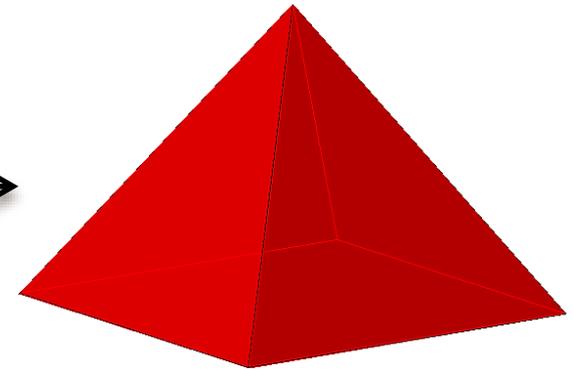
(moduli 75x75 mm; 2260 W picco totali)

## 2. Analisi e ricerca della temperatura di fiamma

### Definizione della forma della fiamma



Bejan



Forma  
cilindrica di  
dimensioni  
definite



Calcolo i fattori di  
vista  
con le equazioni  
presenti in EES

### Stima della Temperatura della fiamma

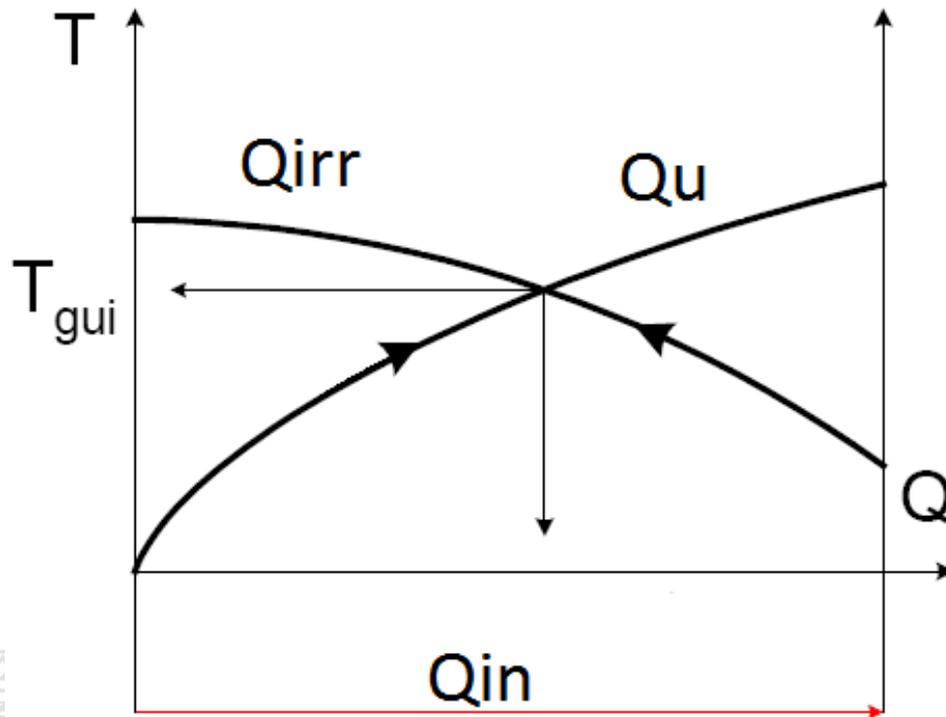
- Data la portata di combustibile
- Scambi energetici radiativi tra pareti e fiamma
- Scambi energetici conduttivi tra le pareti del termocamino e il modulo termoelettrico

$$Q_{irr,p} = \frac{\sigma(T_{gui}^4 - T_p^4)}{\frac{1 - \varepsilon_f}{A_f * \varepsilon_f} + \frac{1}{F_{fp} * A_F} + \frac{1 - \varepsilon_p}{A_p * \varepsilon_p}}$$

$$Q_{con} = \frac{T_2 - T_{in,teg}}{\frac{L_g}{A_2 * K_g} + \frac{L_s}{A_2 * K_{rus}}}$$

### Metodo di Mullikin

Bilancio in camera di combustione



$$Q_{in} - Q_u - \sum Q_{irr,p} = 0$$

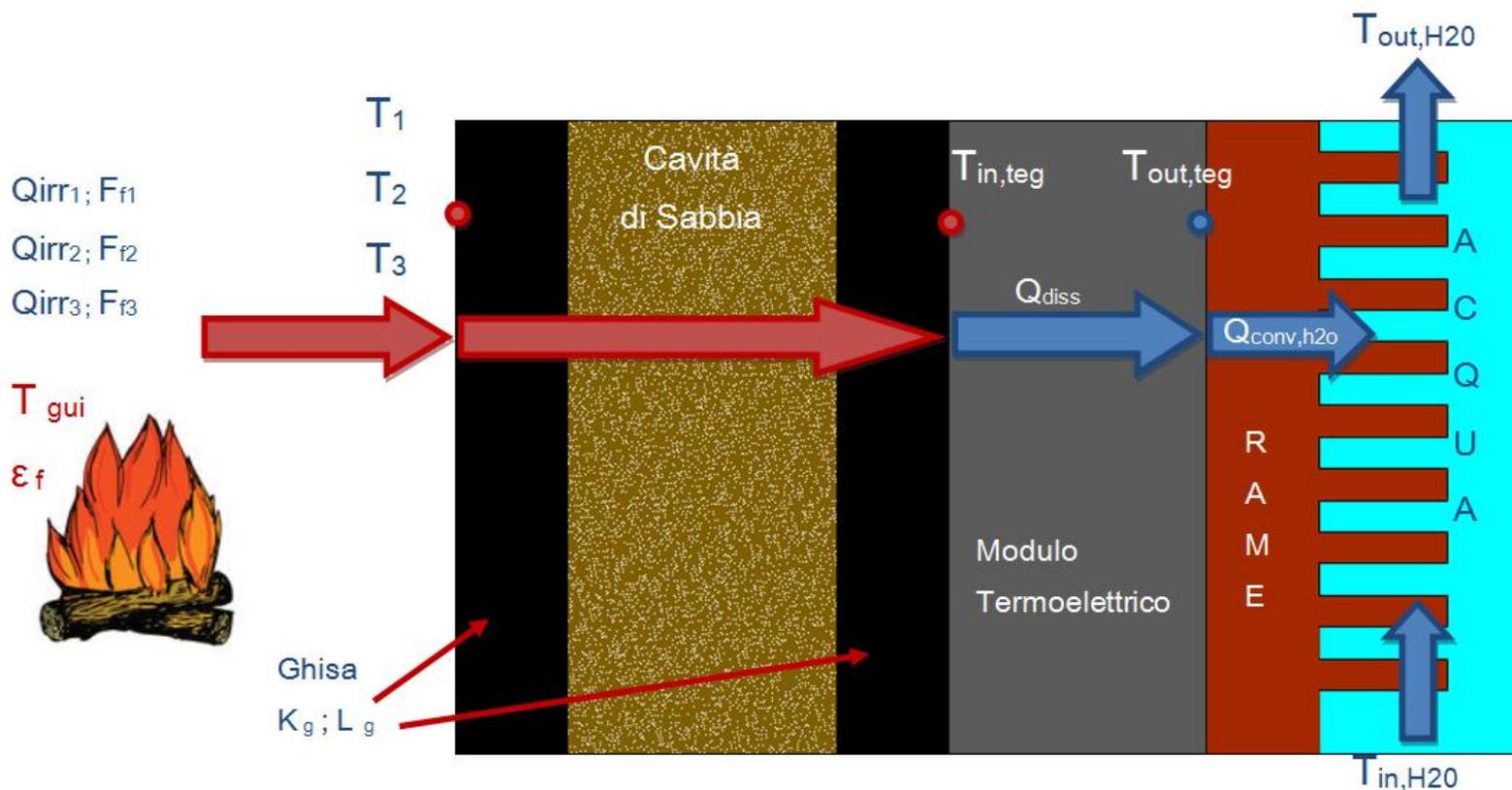


Temperatura della  
fiamma:

**T<sub>gui</sub>**

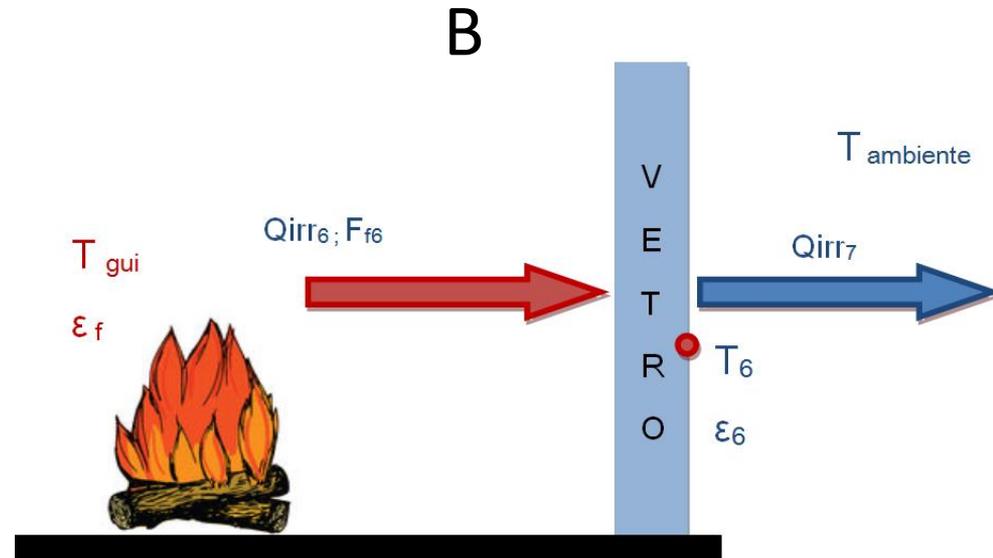
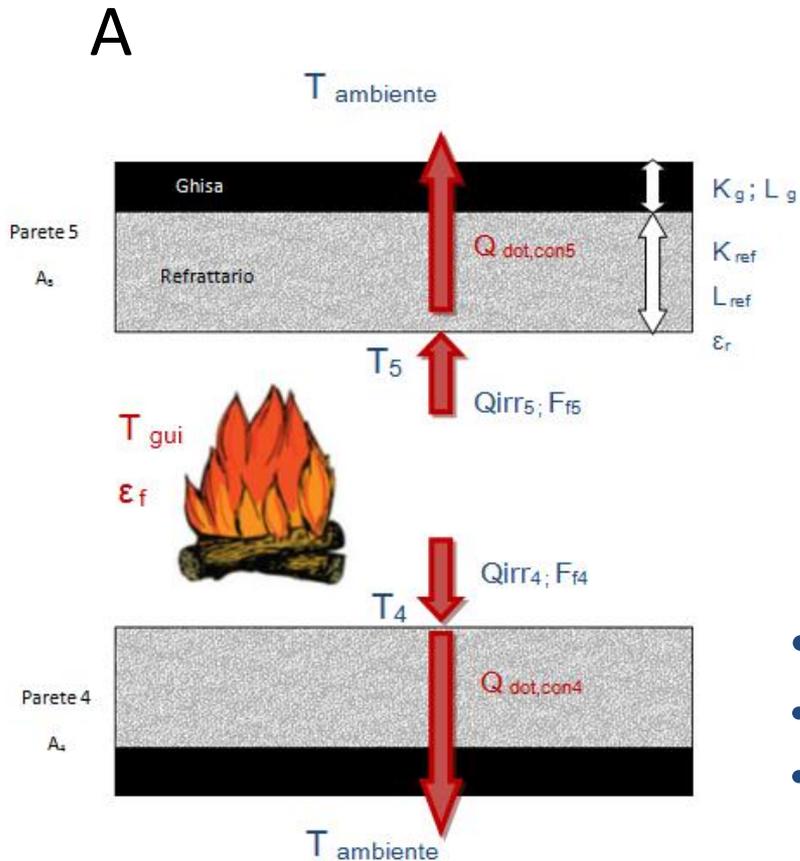
### 3. Stratigrafia pareti del Termocamino

#### Pareti Laterali e posteriore (stratigrafia)



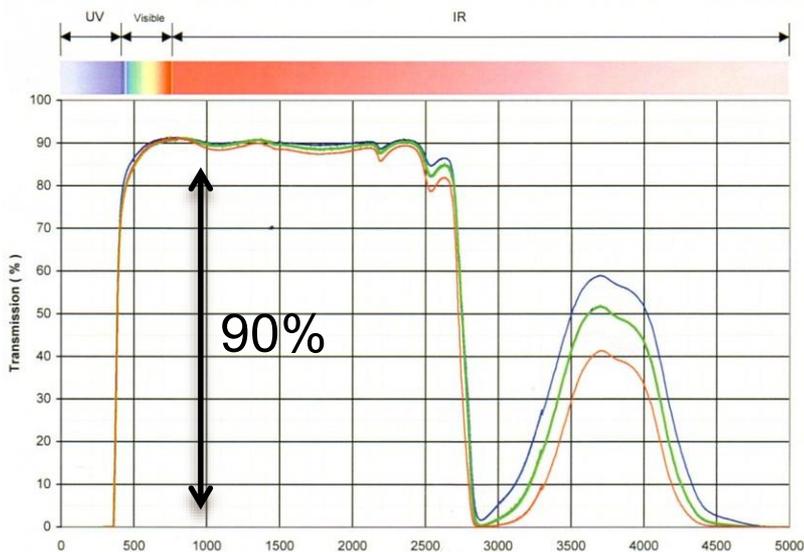
# 3. Stratigrafia pareti del Termocamino

## Parete superiore , inferiore e vetro frontale



- Controllo combustione
- Regolazione della portata si combustibile
- Riduzione eccesso d'aria in CC

# 4. Analisi radiativa del vetro



Finestra trasparente per lunghezze d'onda  $0,3 \mu\text{m} < \lambda < 3 \mu\text{m}$

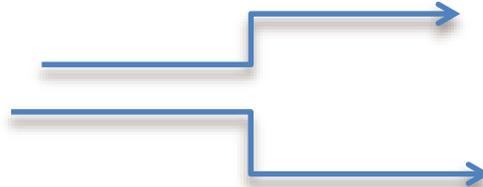
Opaco  $\lambda > 3 \mu\text{m}$

Sequenza di analisi della trasmissività Globale (integrazione in EES sulle lunghezze d'onda)

Temperatura [K]	Trasmissività	Emissività
700	0,24	0,67
900	0,38	0,61
1200	0,53	0,46
1400	0,61	0,38

## 5. Analisi risultati

- Portata combustibile :  
2,52 – 7,92 kg/h



Temperatura Fiamma:  
800 – 1100 K

Potenza resa all'ambiente  
per irraggiamento:  
800 – 3200 W

- Portata Acqua: 0,3 – 3,6 m<sup>3</sup>/h



Condizione per  $\Delta T$  ottimale  
Portata = 3,6 m<sup>3</sup>/h  
Sezione = 5 cm

- Spessore condotto di  
raffreddamento : 1 – 6 cm

- Potenza elettrica prodotta da 119  
moduli nelle condizioni di rendimento  
massimo:

2300 W

Costo :  
~10000€

- Campagna di misure delle temperature in CC

Analisi del riscaldamento delle pareti in funzione del tempo

Analisi degli scambi termici sul lato fumi

Valutazione dell'effettiva resa elettrica del modulo

Considerazioni elettriche:

Perdite dovute al circolatore

Sistema di gestione elettrica necessaria per caricare delle batterie oppure alimentare un inverter

- Possibili soluzioni costruttive

Posizionamento dei moduli, resistenza di contatto, facilità realizzativa, affidabilità, .