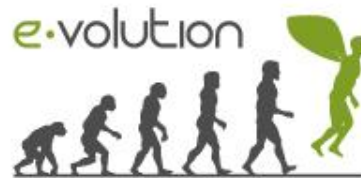


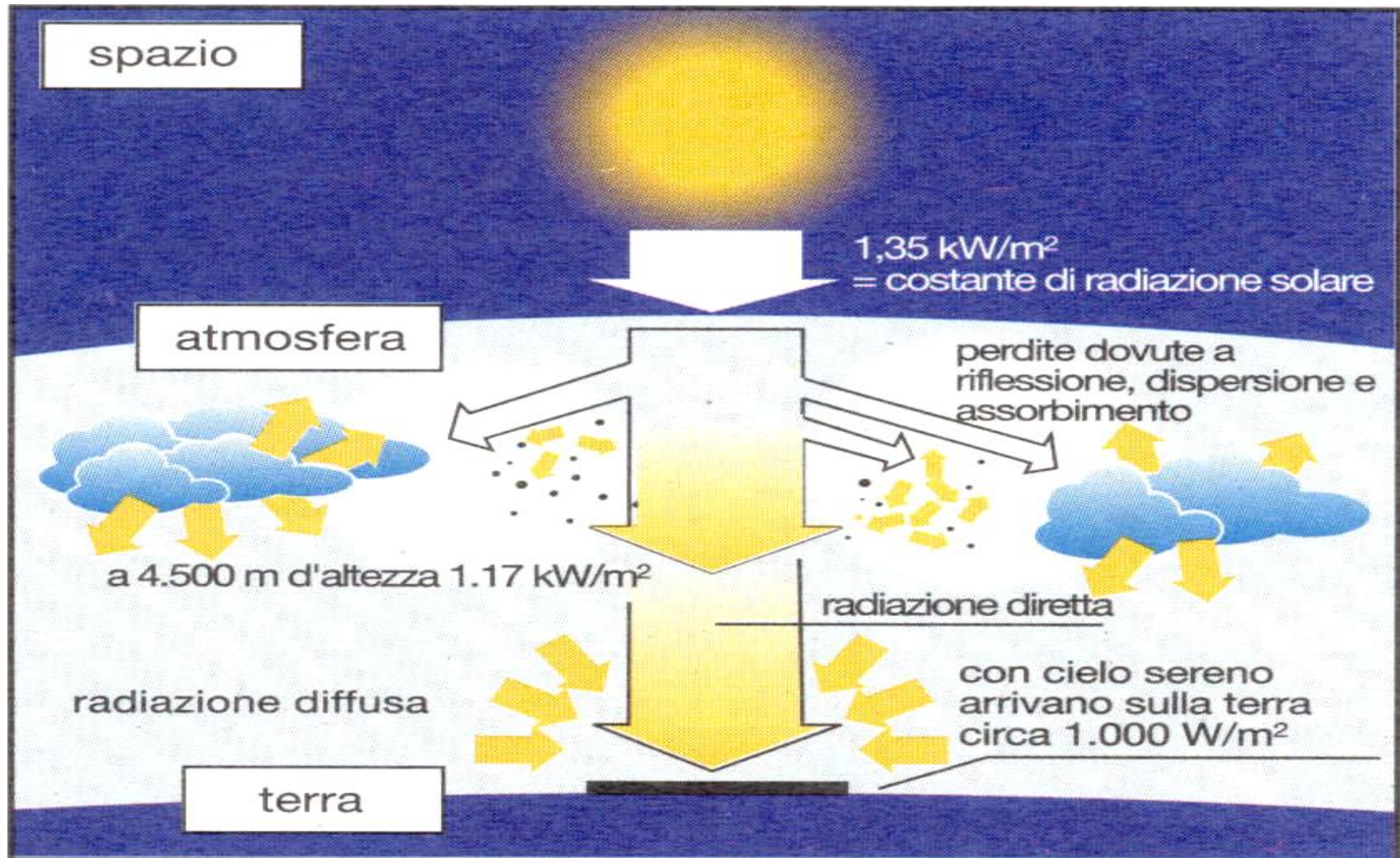


Radiazione e rendimento

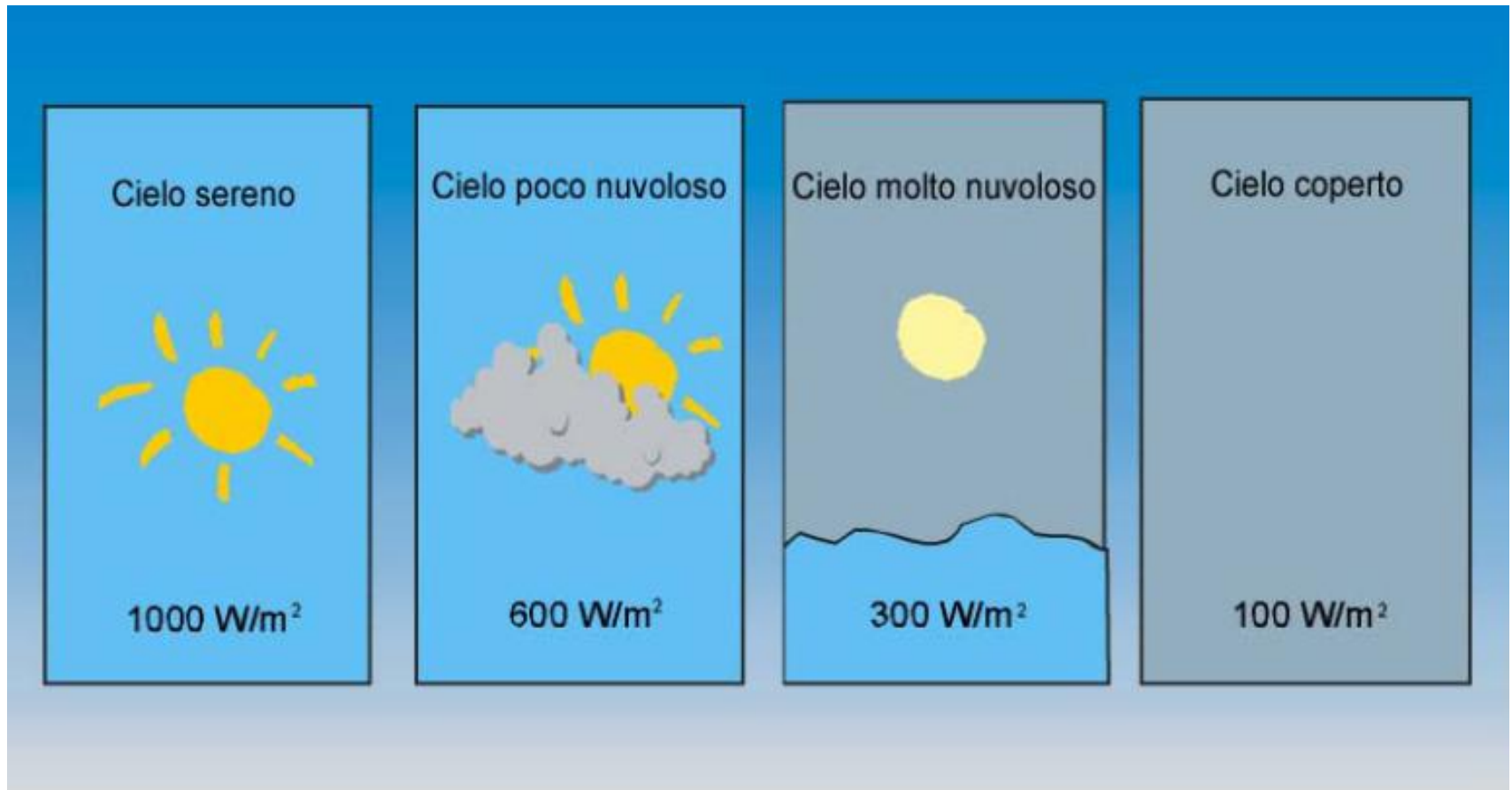
Puro calore solare



La radiazione solare

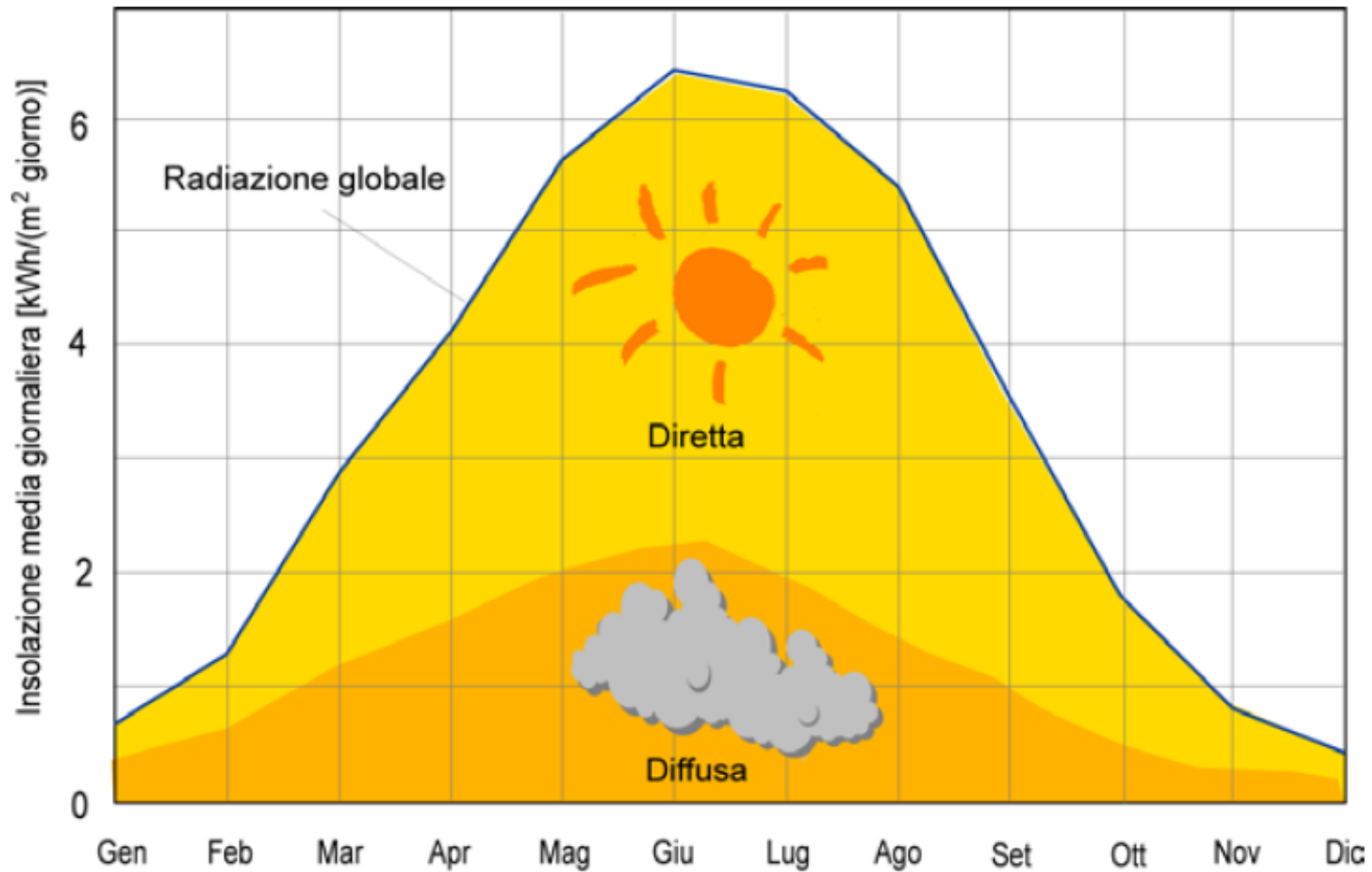


La radiazione solare

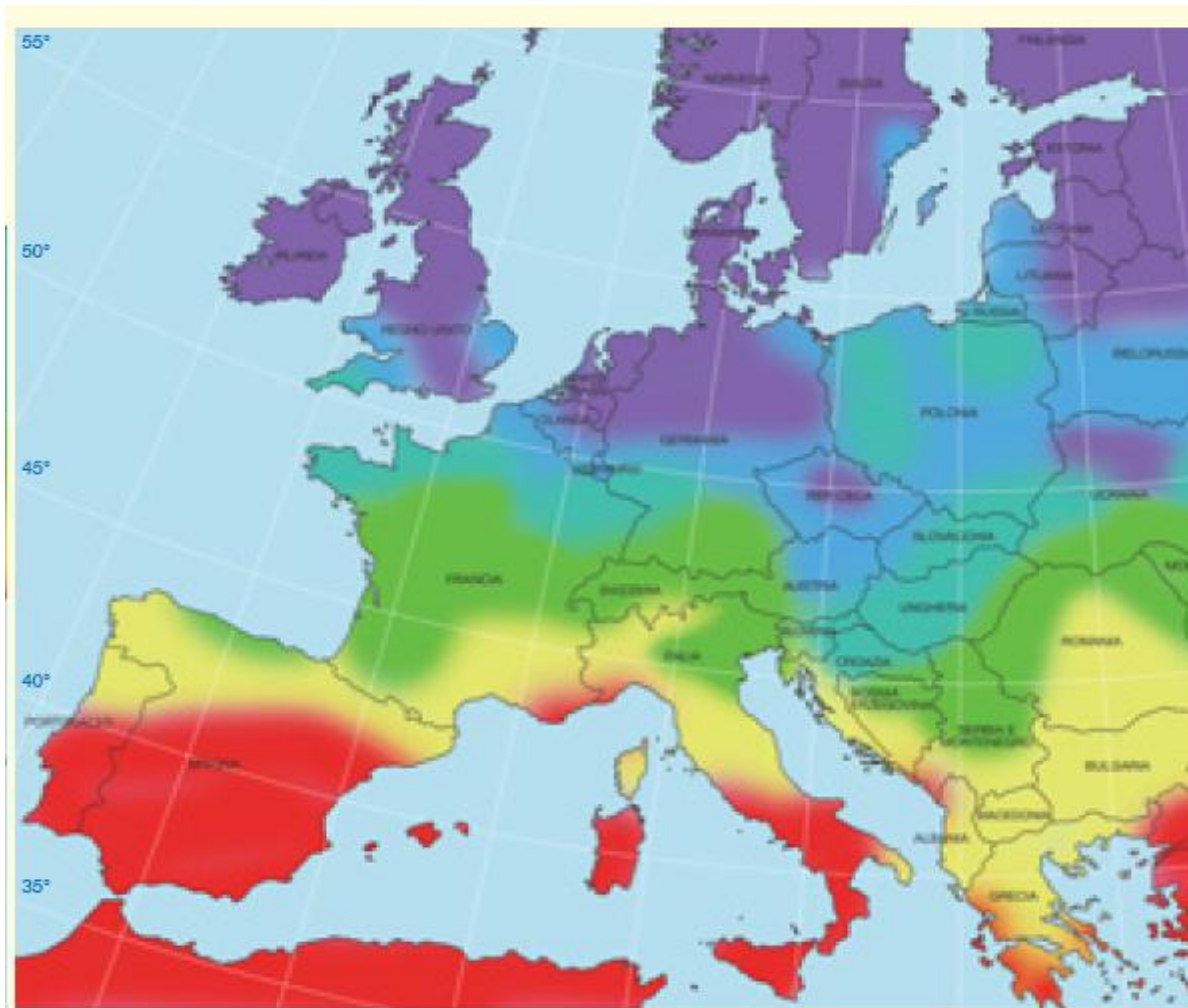


Fonte: Ambiente Italia

La radiazione solare



La radiazione solare



1600÷1750

1400÷1600

1200÷1400

1100÷1200

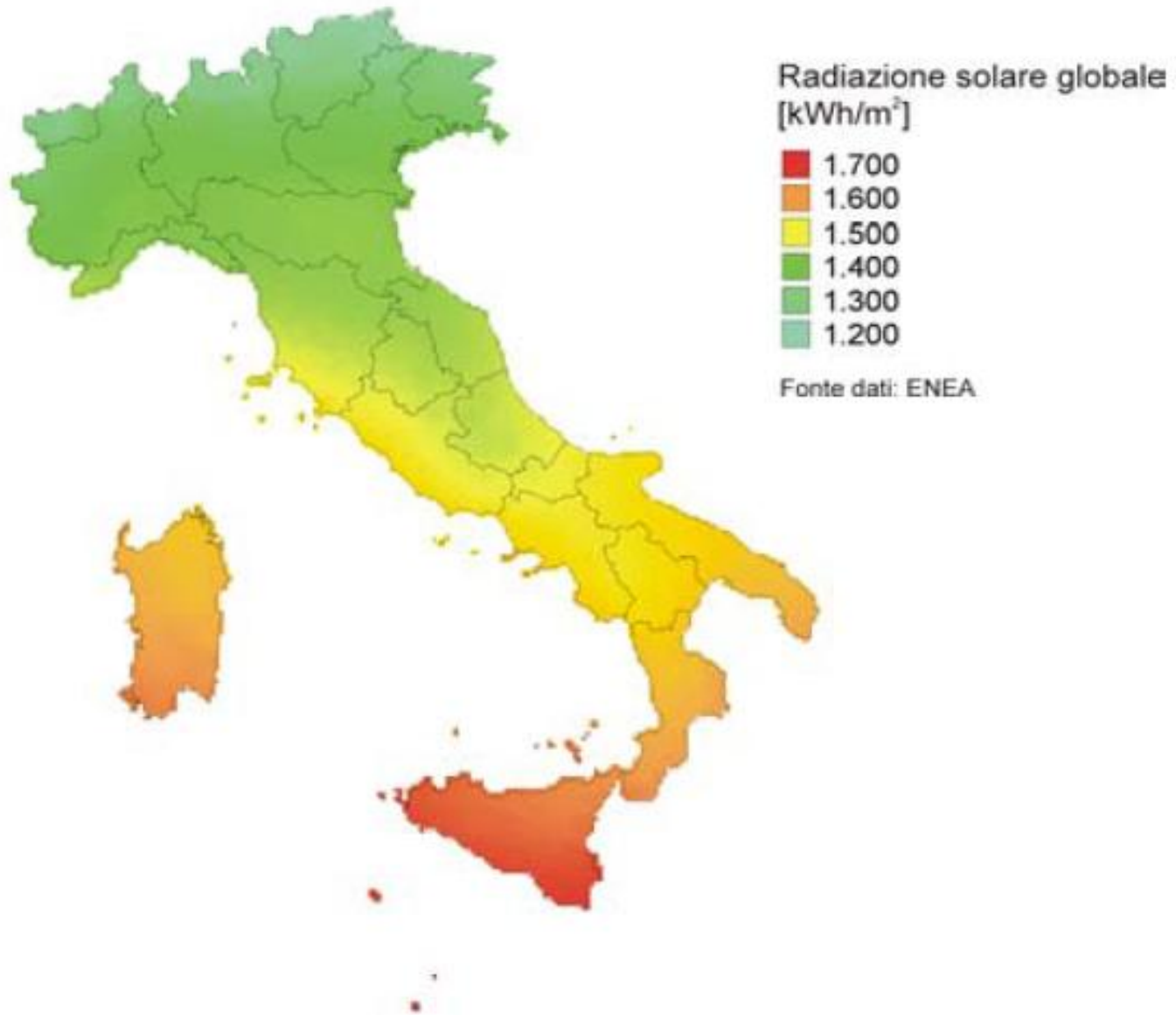
1000÷1100

900÷1000

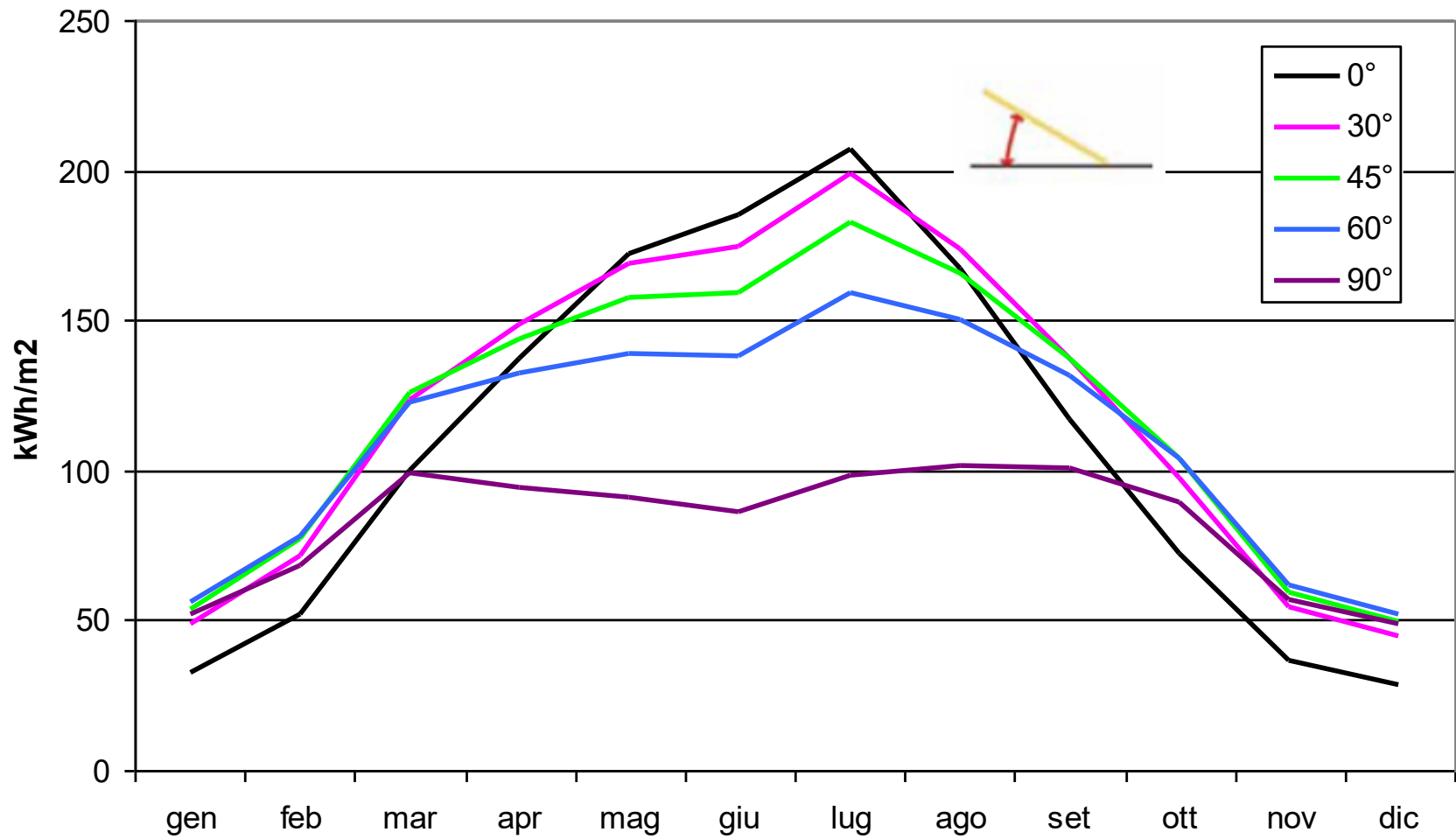
kWh/m² anno

(fonte: Atlante europeo
radiazione solare)

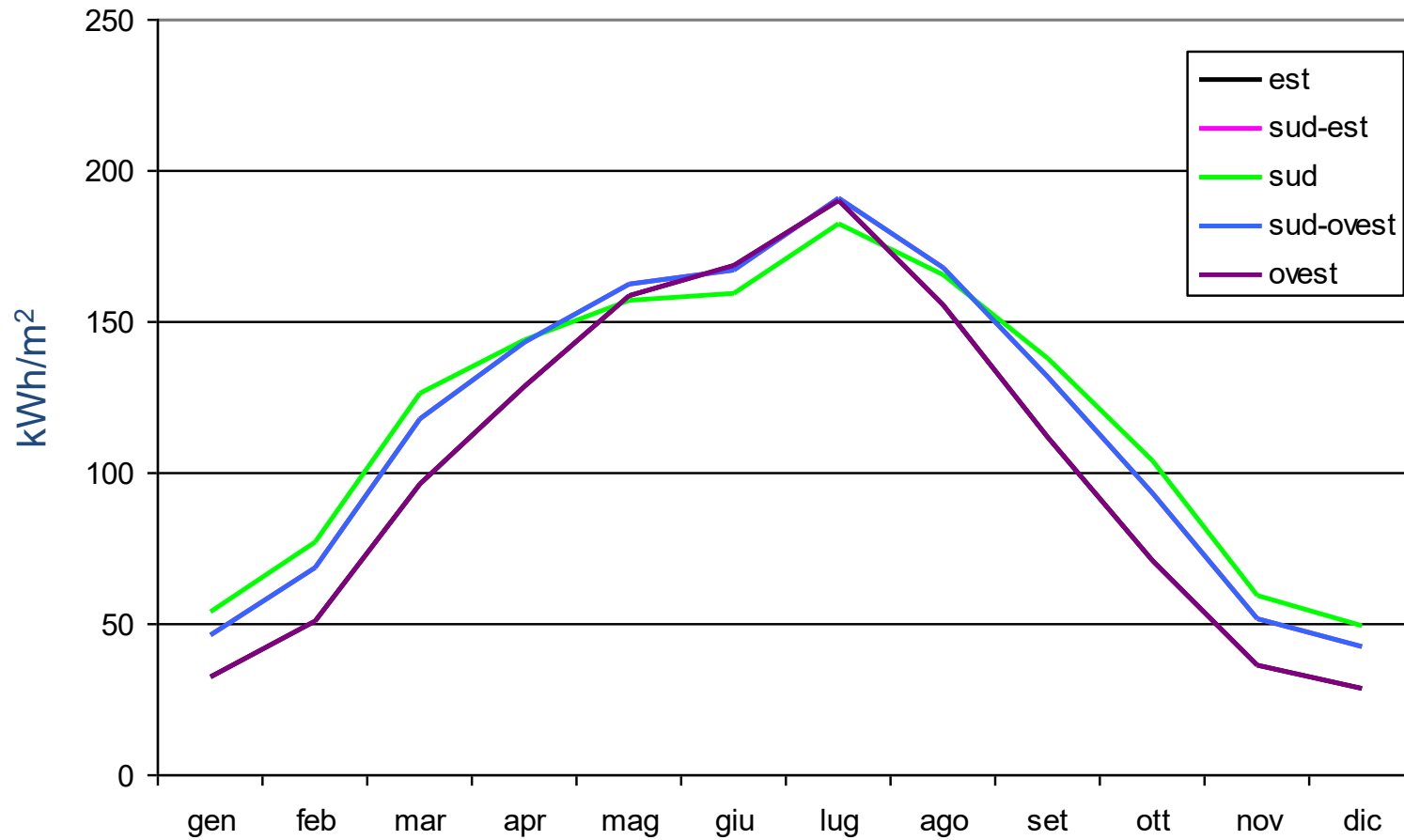
La radiazione solare



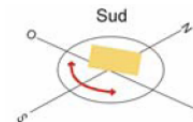
Inclinazione del collettore



Esposizione



(latitudine 45° , inclinazione 45°)

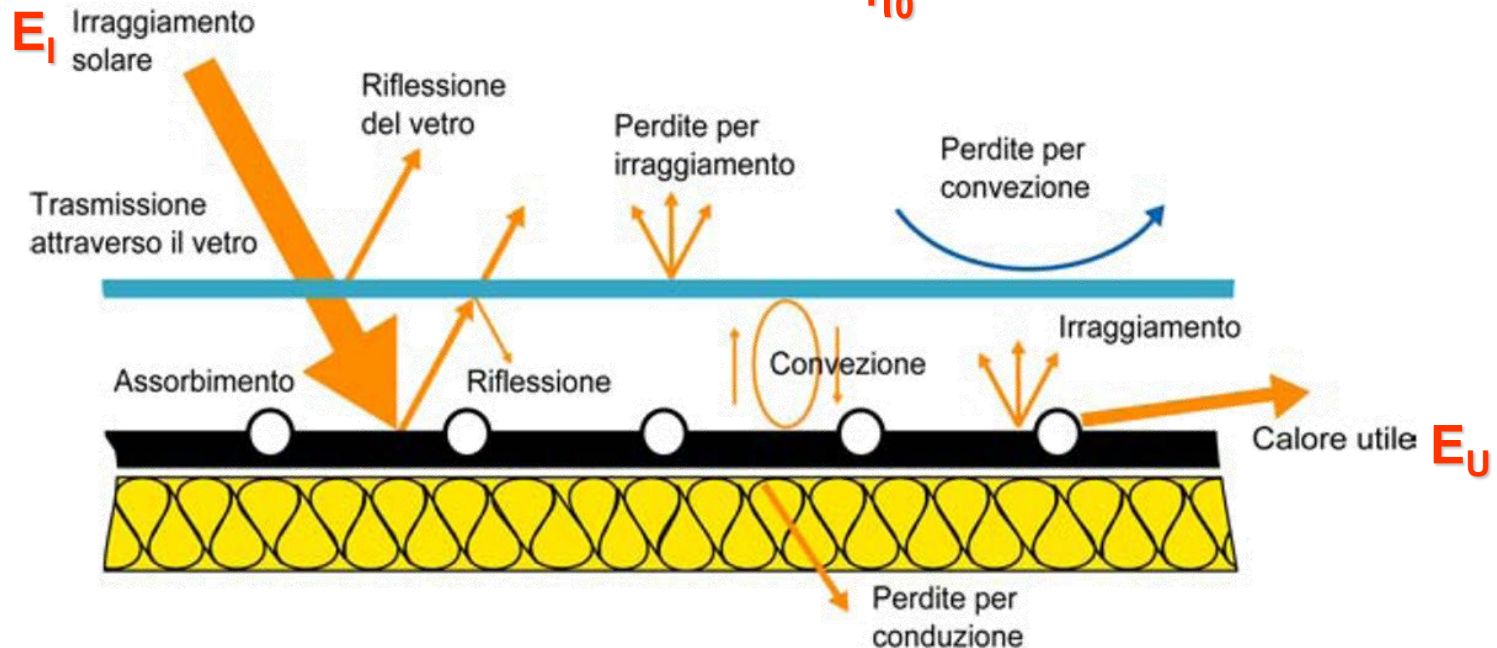


Flusso energetico pannello solare

$$E_u = E_i - \text{Perdite (ottiche + calore)}$$

$$\eta = 1 - \frac{P_o}{E_i} - \frac{P_c}{E_i}$$

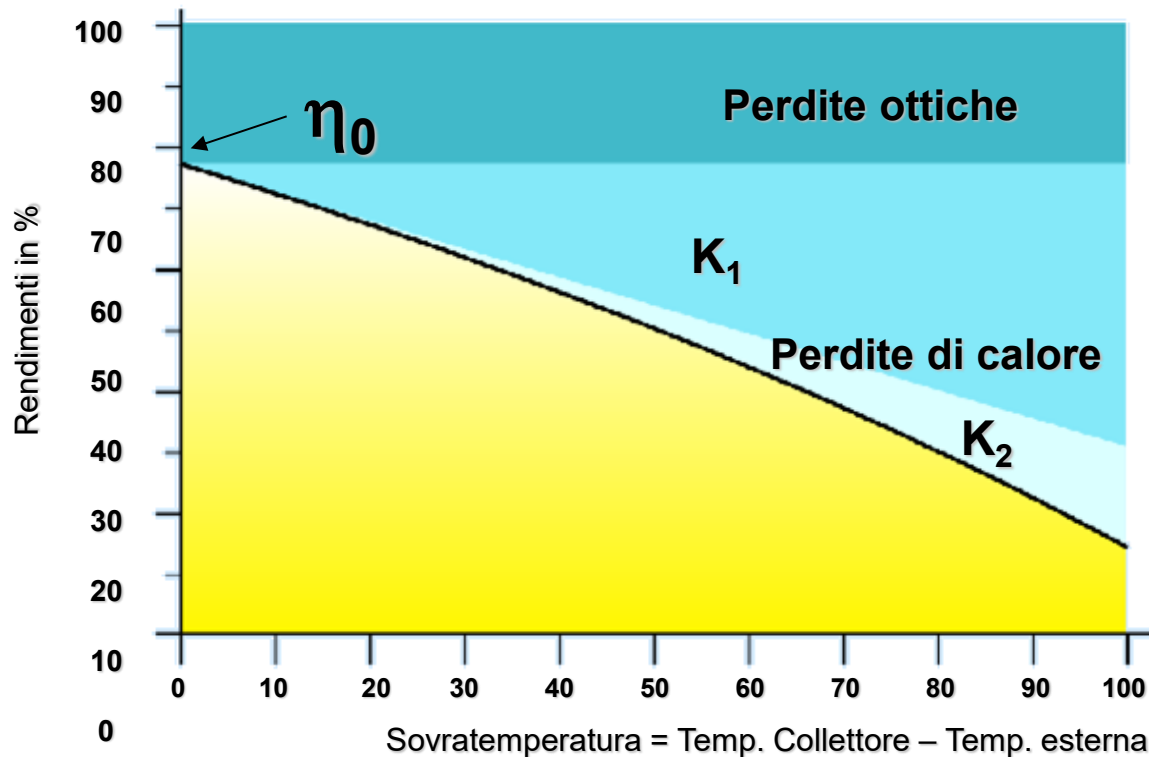
η_0



Curva efficienza collettore solare

$$\eta =$$

Irraggiamento = 800 W/m²



η_0

Perdite ottiche NON legate alla differenza di temperatura fra pannello solare e temperatura esterna.

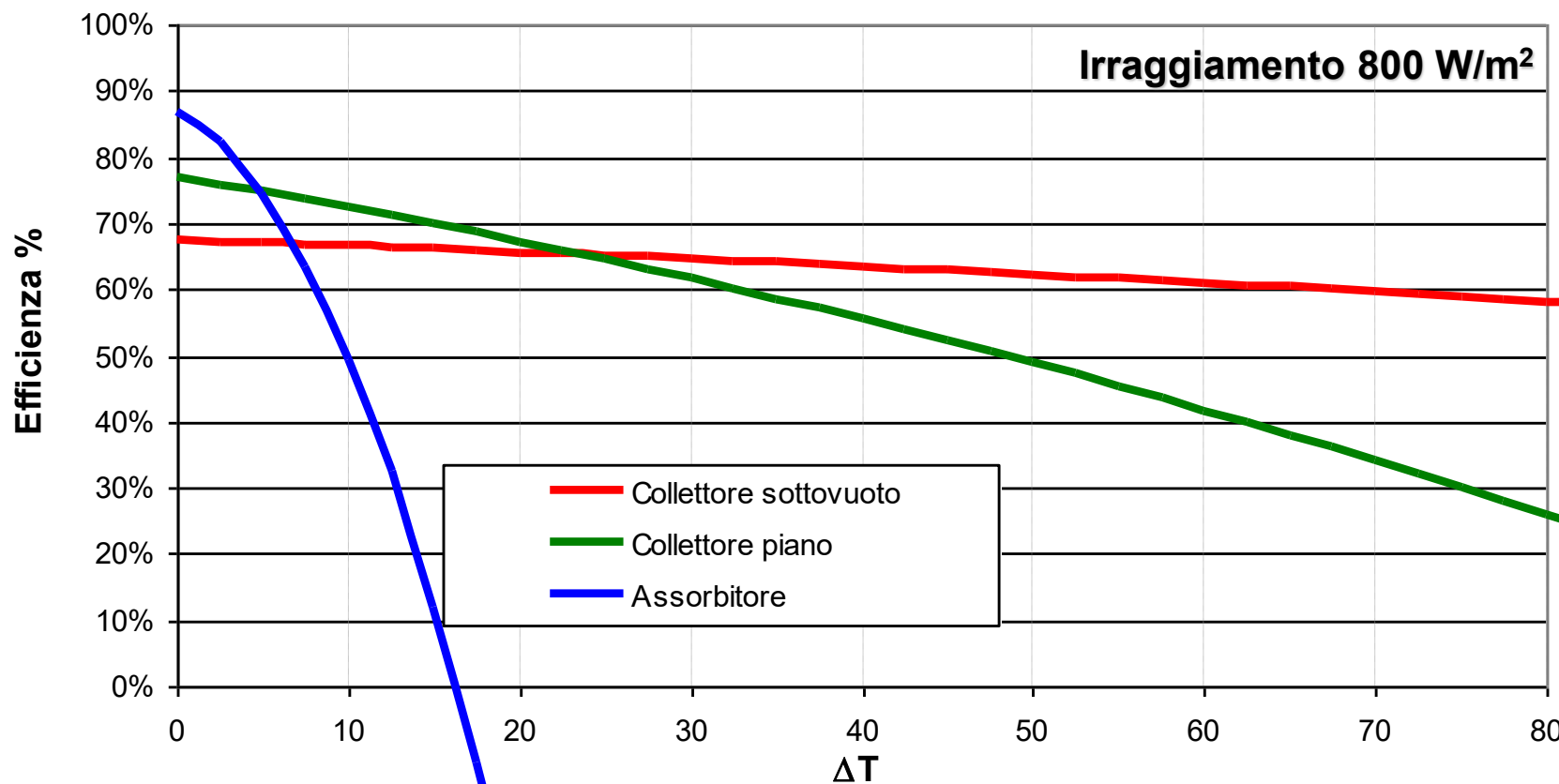
- Trasparenza del vetro
- Qualità dell'assorbitore

$K_1 / 2$

Perdite di calore legate alla differenza di temperatura fra pannello solare e temperatura esterna.

- K_1 lineare
- K_2 quadratico

Applicazioni pannello solare

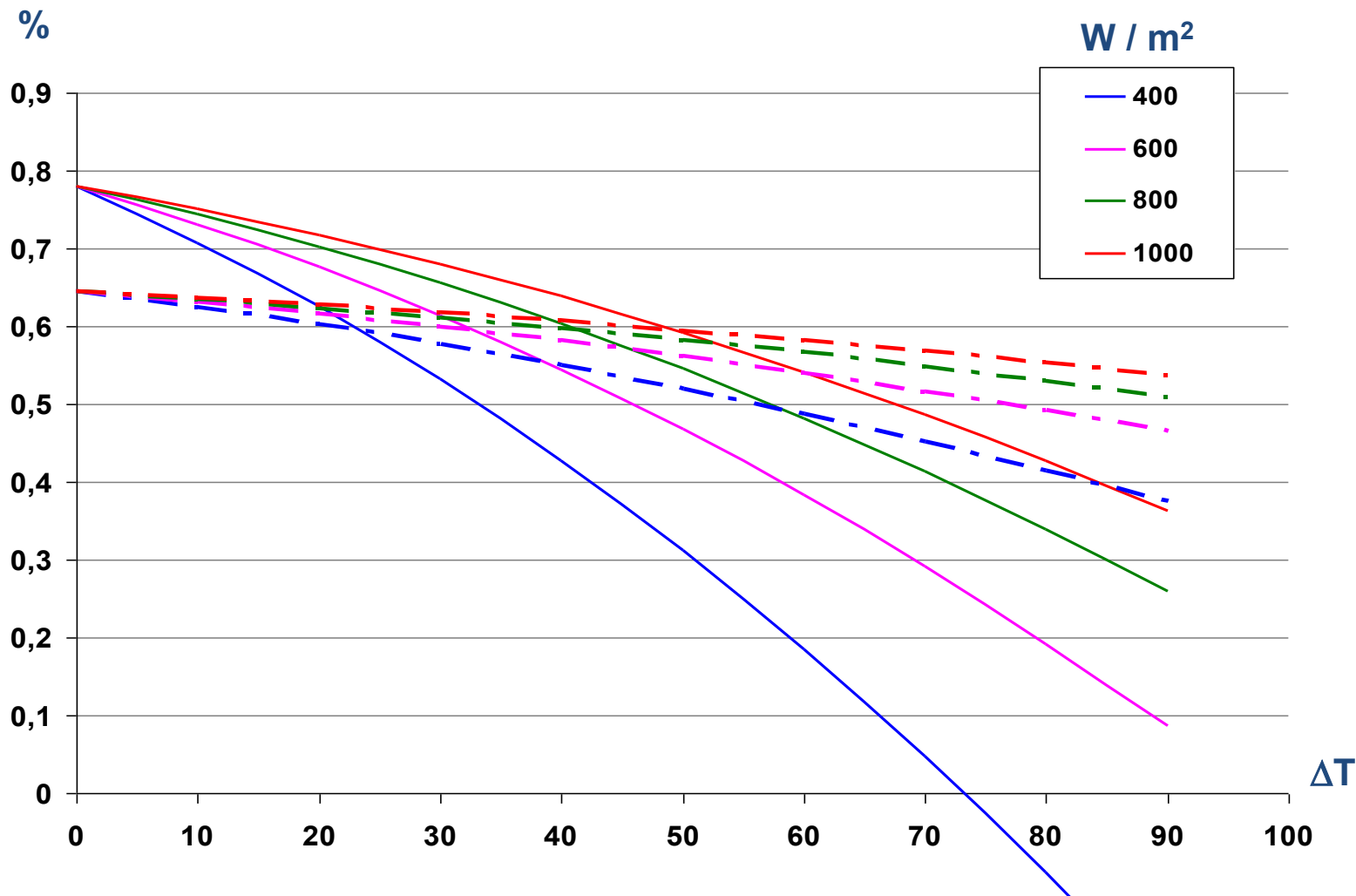


$\Delta T = 0-20$ K
risc. piscine

$\Delta T = 20-60$ K
ACS e risc. ambiente

$\Delta T > 60$ K
calore processo

Applicazioni pannello solare



Curva efficienza collettore solare

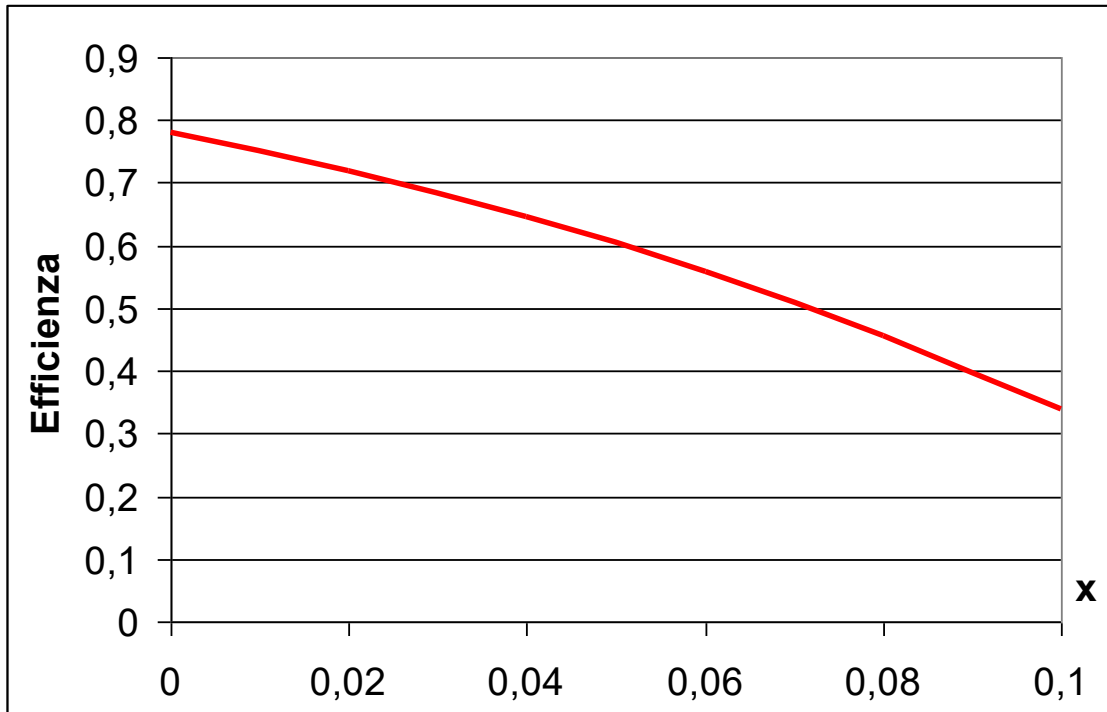
$$\eta = \eta_0 - k_1 \Delta T / E - k_2 \Delta T^2 / E$$

$$\eta = \eta_0 - k_1 x - k_2 E x^2$$

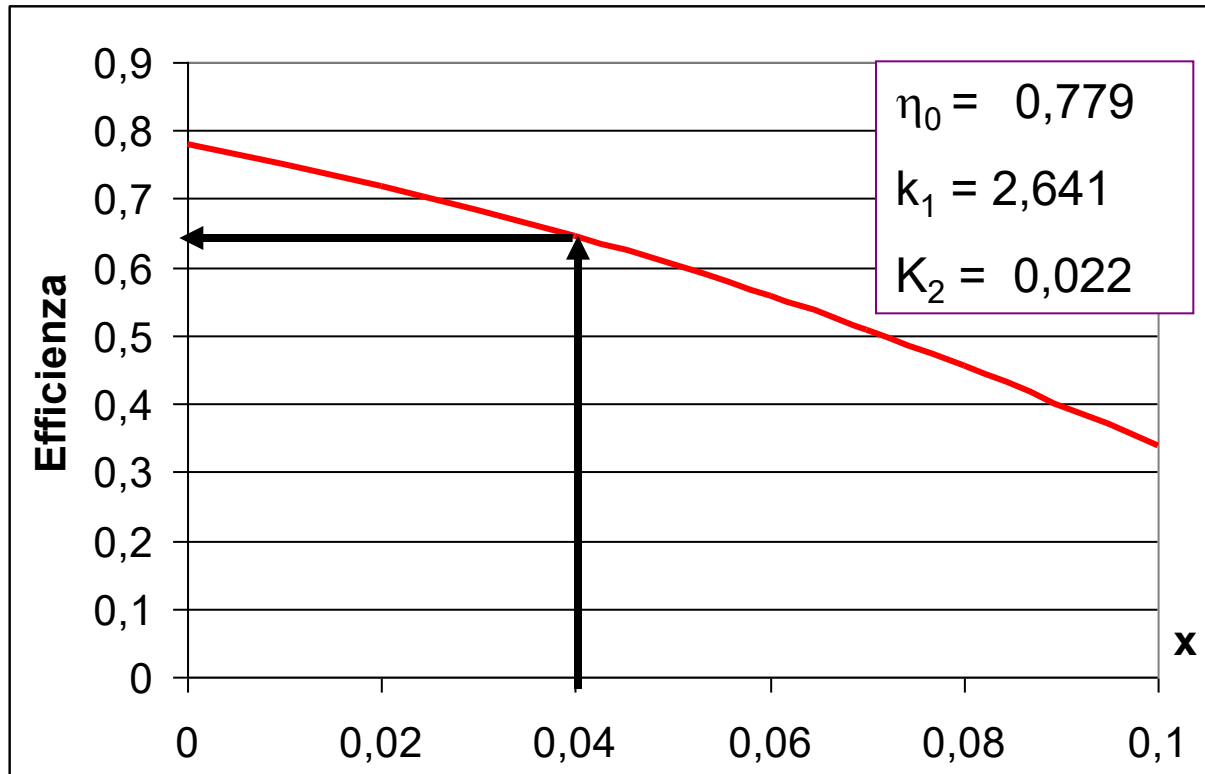
con $x = \Delta T / E$

$\Delta T = T_m - T_{air}$

$T_m = (T_i + T_u) / 2$



Curva efficienza collettore solare



$$E = 800 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 55^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 15^\circ \text{ C}$$

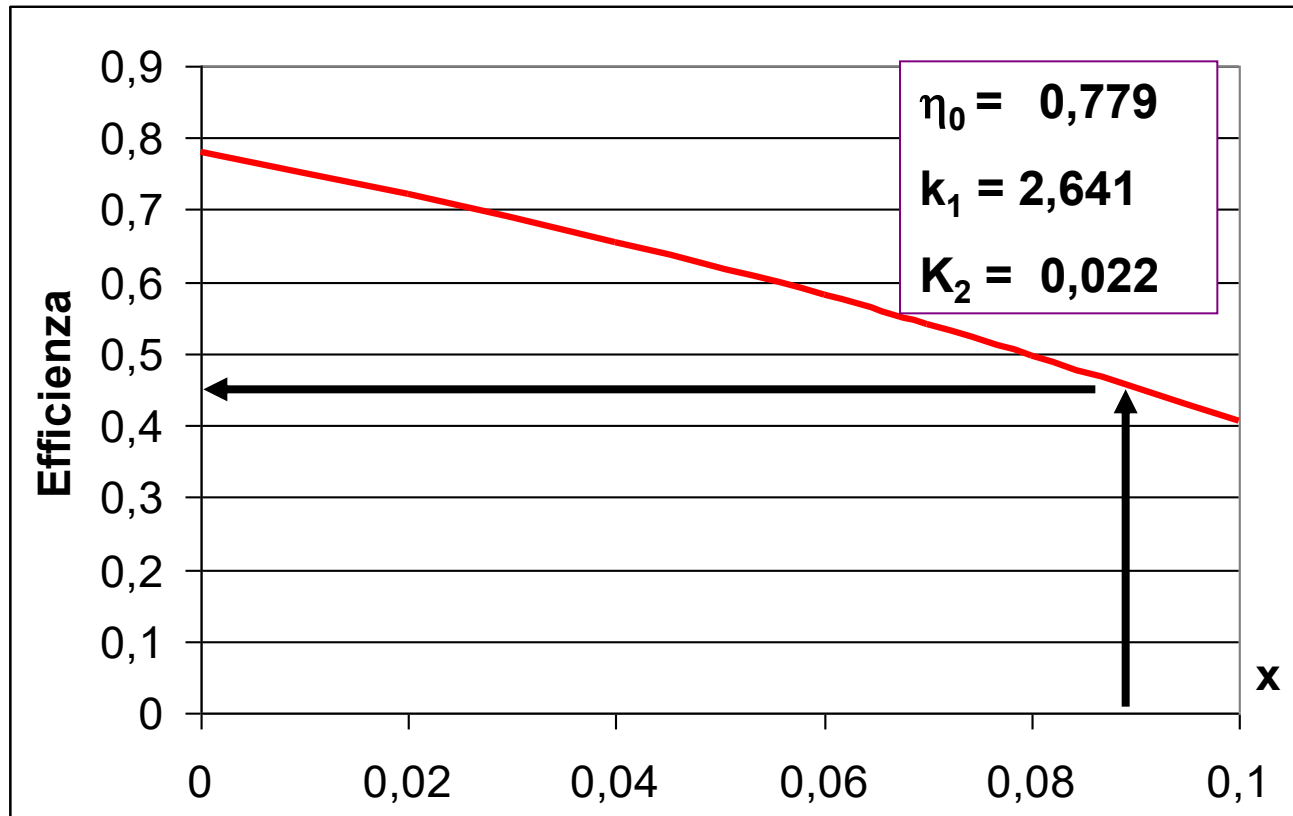
$$T_m = (40+55)/2 = 47,5^\circ \text{ C}$$

$$\Delta T = 47,5 - 15 = 32,5 \text{ K}$$

$$X = 32,5 / 800 = 0,041$$

$$\eta = 0,779 - 2,641 * 0,041 - 0,022 * 800 * 0,041^2 = 0,64$$

Curva efficienza collettore solare



$$E = 500 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 55^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 0^\circ \text{ C}$$

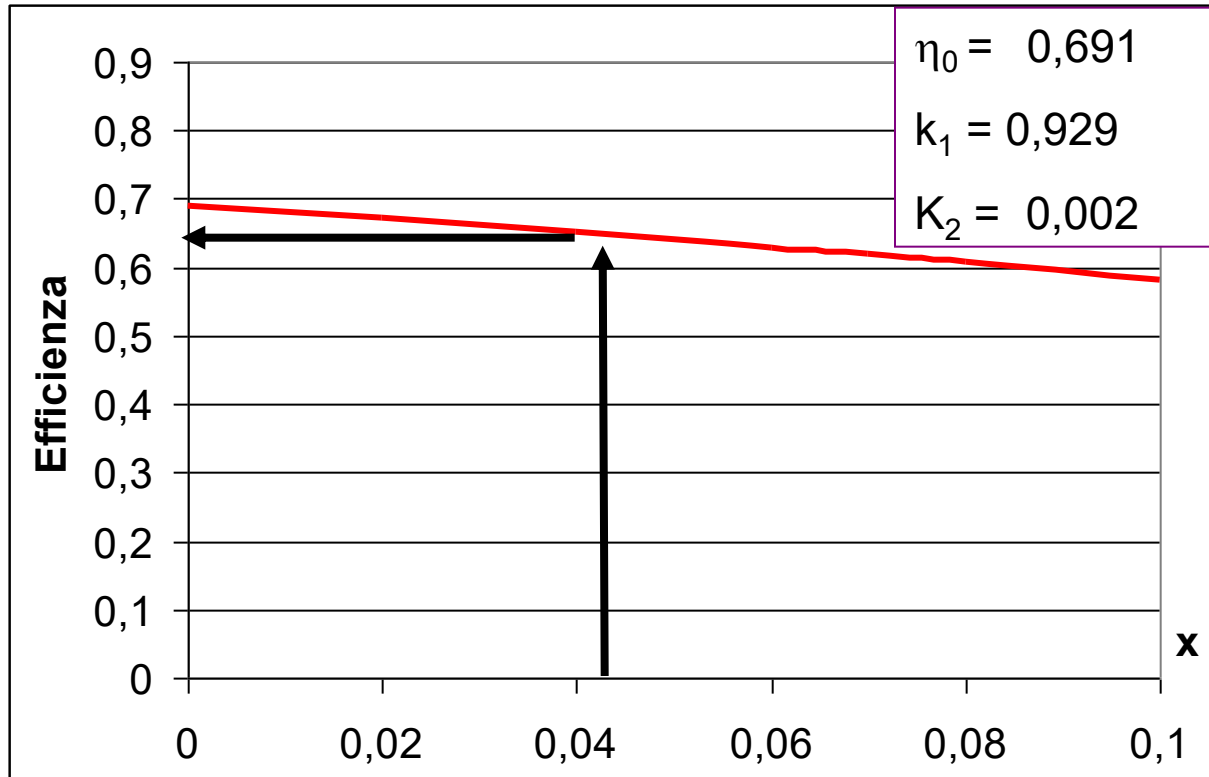
$$T_m = (40+55)/2 = 47,5^\circ \text{ C}$$

$$\Delta T = 47,5 - 0 = 47,5 \text{ K}$$

$$X = 47,5 / 500 = 0,09$$

$$\eta = 0,779 - 2,641 * 0,09 - 0,022 * 500 * 0,09^2 = 0,45$$

Curva efficienza collettore solare



$$E = 800 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 55^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 15^\circ \text{ C}$$

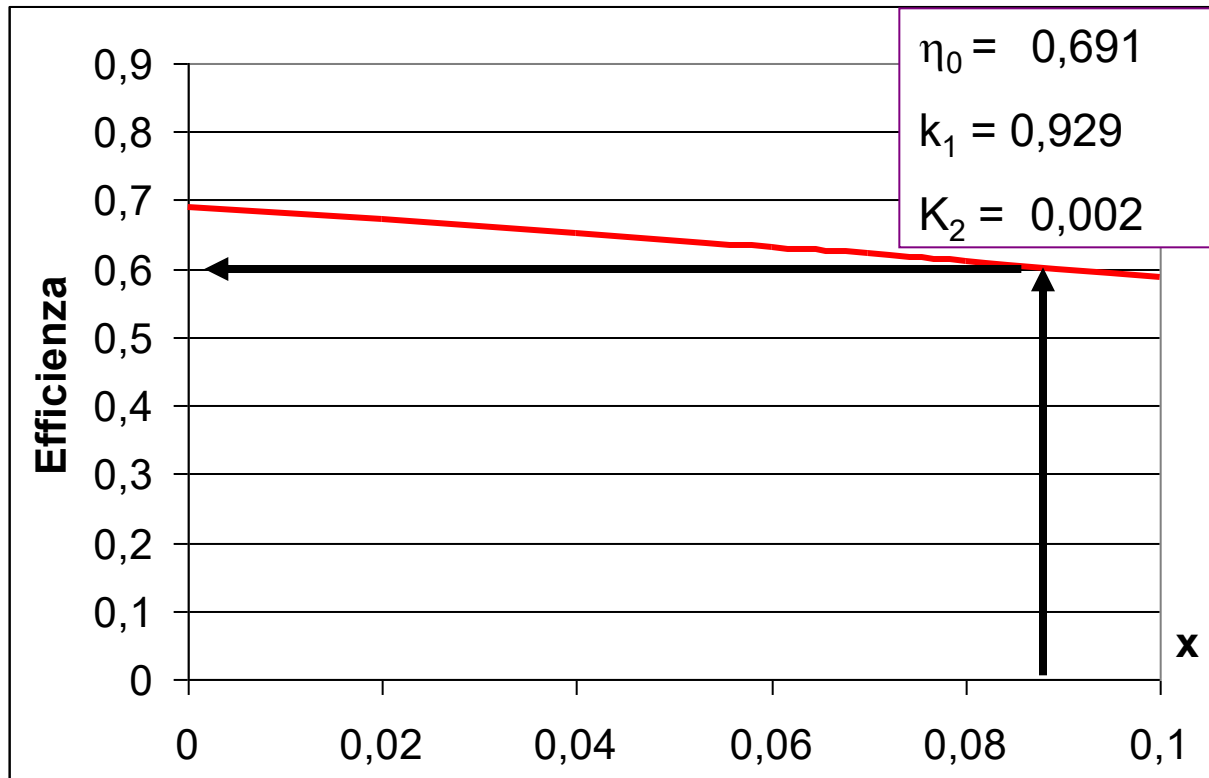
$$T_m = (40+55)/2 = 47,5^\circ \text{ C}$$

$$\Delta T = 47,5 - 15 = 32,5 \text{ K}$$

$$X = 32,5 / 800 = 0,041$$

$$\eta = 0,691 - 0,929 * 0,041 - 0,002 * 800 * 0,041^2 = 0,650$$

Curva efficienza collettore solare



$$E = 500 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 55^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 0^\circ \text{ C}$$

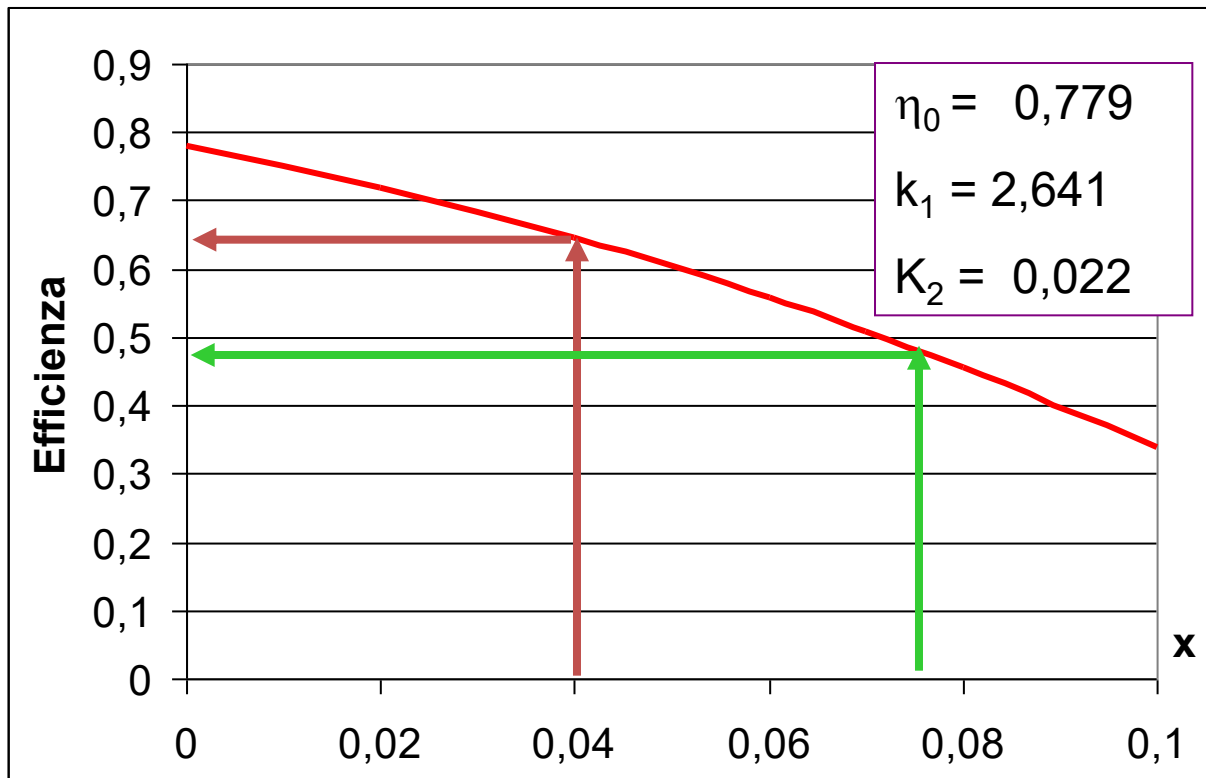
$$T_m = (40+55)/2 = 47,5^\circ \text{ C}$$

$$\Delta T = 47,5 - 0 = 47,5 \text{ K}$$

$$X = 47,5 / 500 = 0,09$$

$$\eta = 0,691 - 0,929 * 0,09 - 0,002 * 500 * 0,09^2 = 0,60$$

Curva efficienza collettore solare



$$E = 800 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 55^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 15^\circ \text{ C}$$

$$\eta = 0,64$$

$$E = 800 \text{ W/m}^2$$

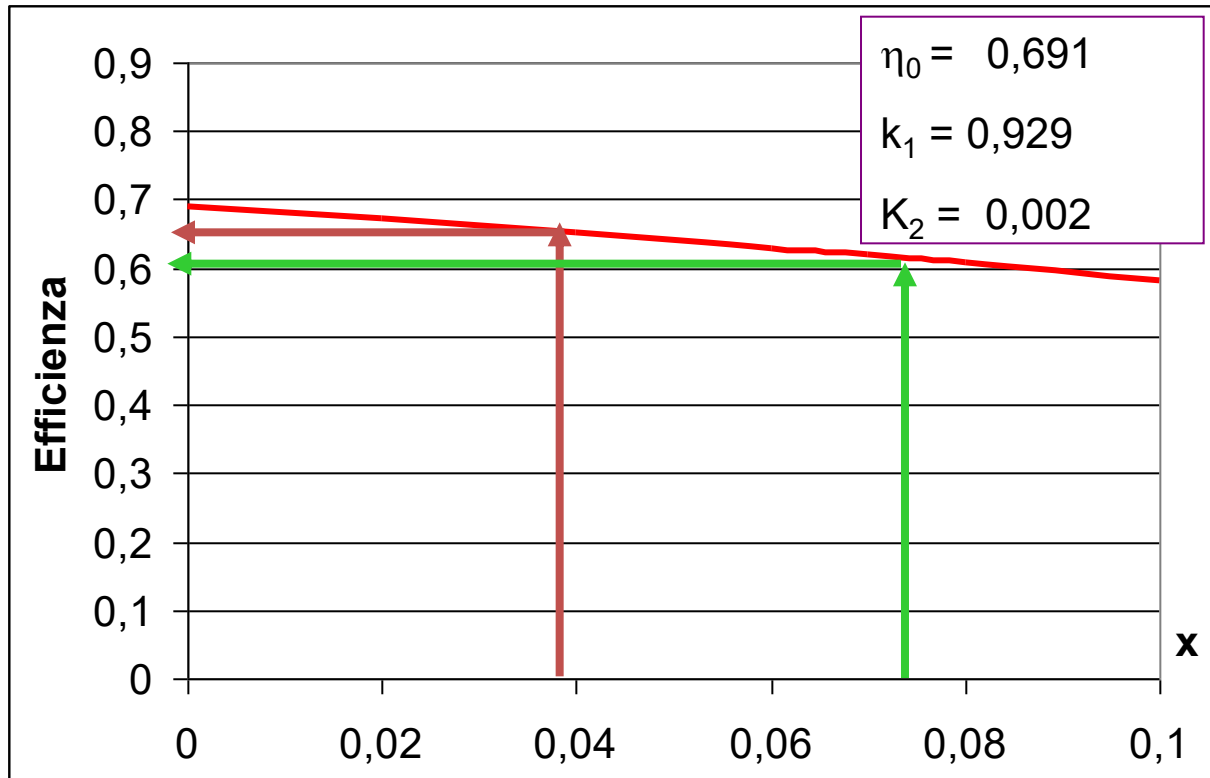
$$T_i = 70^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 80^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 15^\circ \text{ C}$$

$$\eta = 0,48 \text{ (-25\%)}$$

Curva efficienza collettore solare



$$E = 800 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 55^\circ \text{ C}$$

$$T_e = 15^\circ \text{ C}$$

$$\eta = 0,65$$

$$E = 800 \text{ W/m}^2$$

$$T_i = 70^\circ \text{ C}$$

$$T_u = 80^\circ \text{ C}$$

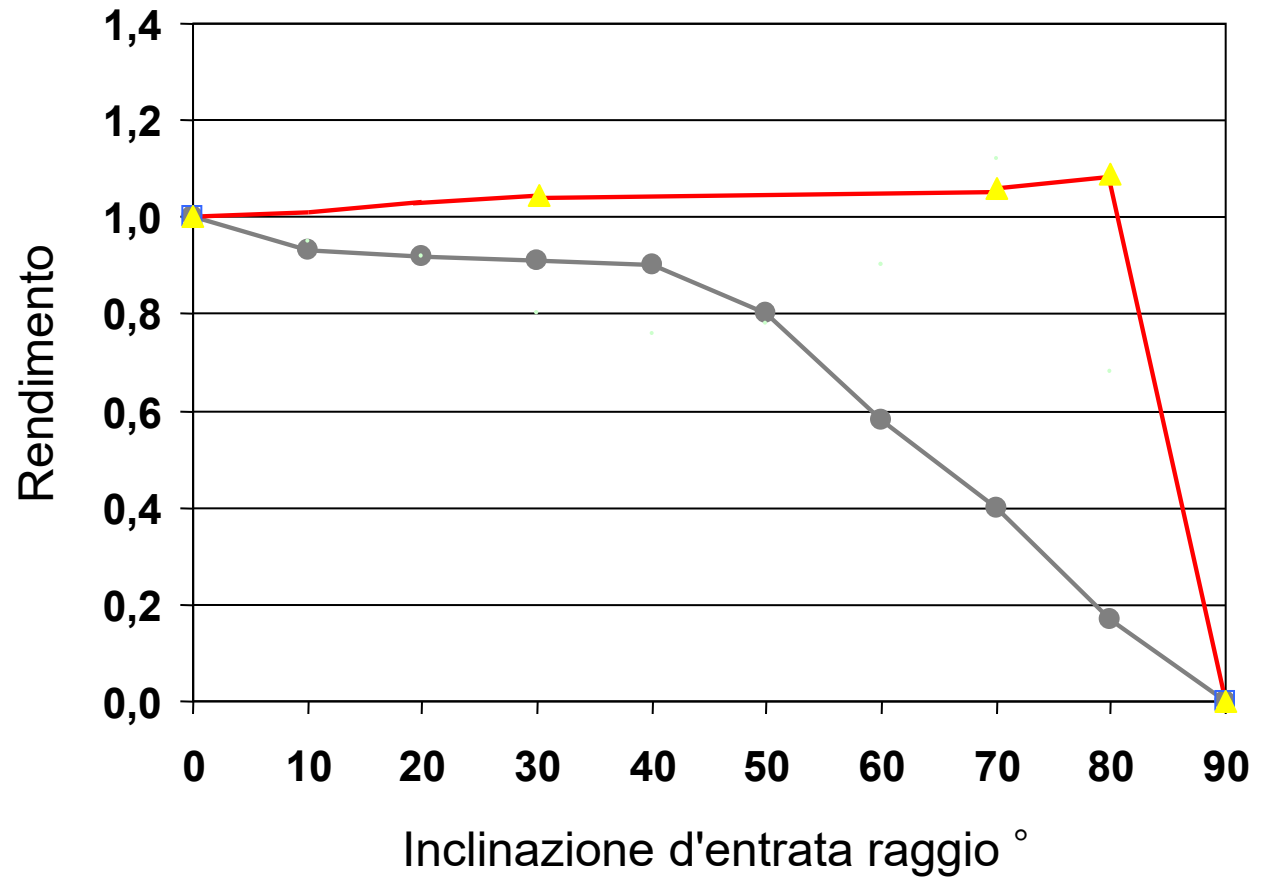
$$T_e = 15^\circ \text{ C}$$

$$\eta = 0,61 \text{ (-6\%)}$$

Variazione rendimento in base incidenza

● Collettore
piano

▲ Collettore
con CPC



Dall'analisi delle curve di rendimento, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- il valore di rendimento per $\Delta T=0$ (o per $x=0$) è il valore η_0 che quindi rappresenta il rendimento del collettore quando non c'è differenza di temperatura tra interno/esterno del collettore;
- per descrivere la bontà di un collettore solare non è sufficiente il solo parametro η_0 (che descrive soltanto una situazione, che di rado si verifica) come viene spesso fatto, ma devono essere noti anche i valori k_1 e k_2 ;
- più sono bassi i valori di k_1 e k_2 e maggiori sono i rendimenti del collettore; ciò significa che a partirà di η_0 , valori di k elevati comportano curve molto pendenti, con rendimenti molto bassi spostandosi verso destra nei grafici;

- i pannelli sottovuoto hanno valori di k notevolmente inferiori ai pannelli piani; per questo, le loro curve di rendimento sono più piatte rispetto a quelle sottovuoto;
- è importante, quindi, scegliere il tipo di collettore più adatto in base alle proprie esigenze ed al tipo di applicazione; i pannelli piani sono più indicati per il riscaldamento delle piscine e la sola produzione di acqua calda sanitaria; i pannelli a tubi sottovuoto sono più indicati per sistemi combinati ACS+riscaldamento ambienti o per i calori di processo;
- infine, i parametri caratteristici del collettore sono ricavati sperimentalmente con test effettuati su un collettore che ha una determinata superficie e ridotti a parametri riferiti ad un m^2 di collettore. Per questo, esistono tre gruppi di parametri a seconda che si consideri la superficie lorda, di apertura o di assorbimento. Per questo, quando si confrontano curve di rendimento di collettori diversi, si deve fare attenzione affinché siano tracciate con riferimento allo stesso tipo di superficie.