

TERMOELETTRICITA'

Riferimento:

Cavallini, Mattarolo cap. XIII pag. 455-469

(D. G. Gilmore Capitolo 13)

THERMOELECTRIC COOLERS (TEC)

Sono dei refrigeratori allo stato fisico che si basano sui fenomeni termoelettrici. Vantaggi per il settore spaziale:

- Semplicità, affidabilità, compattezza, massa limitata, silenziosità, vibrazioni trascurabili**
- Rispetto ai refrigeratori a compressione non hanno parti in movimento (assenza di usura)**
- Semplicità di regolazione**
- Possibilità di operare a gravità nulla o in condizioni di accelerazione molto intensa**
- Possibile miniaturizzazione per carichi termici piccoli da asportare**

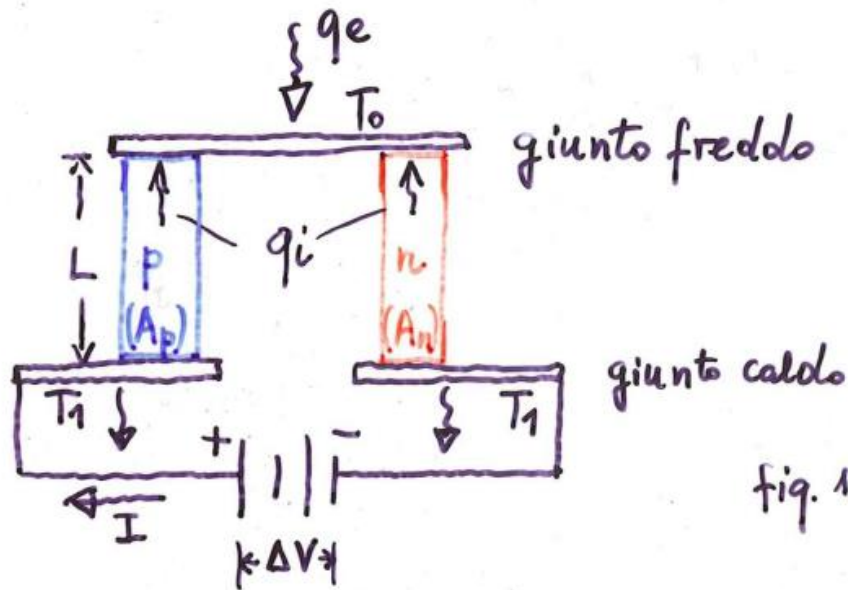
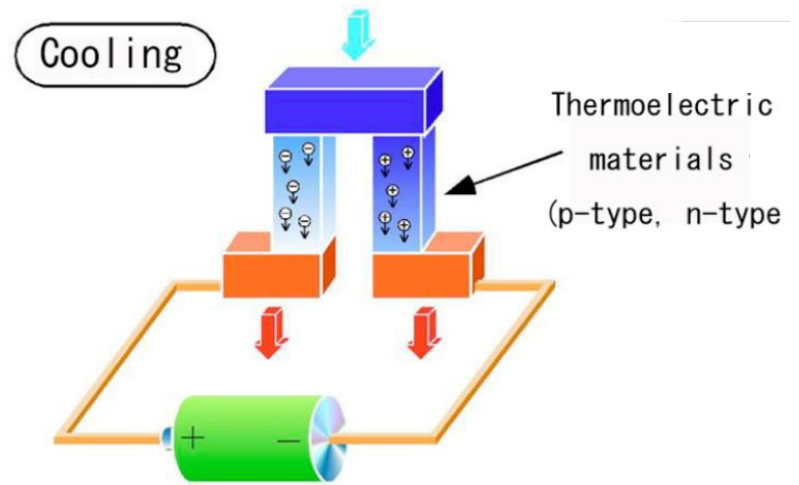


fig. 13-5



Conduzione

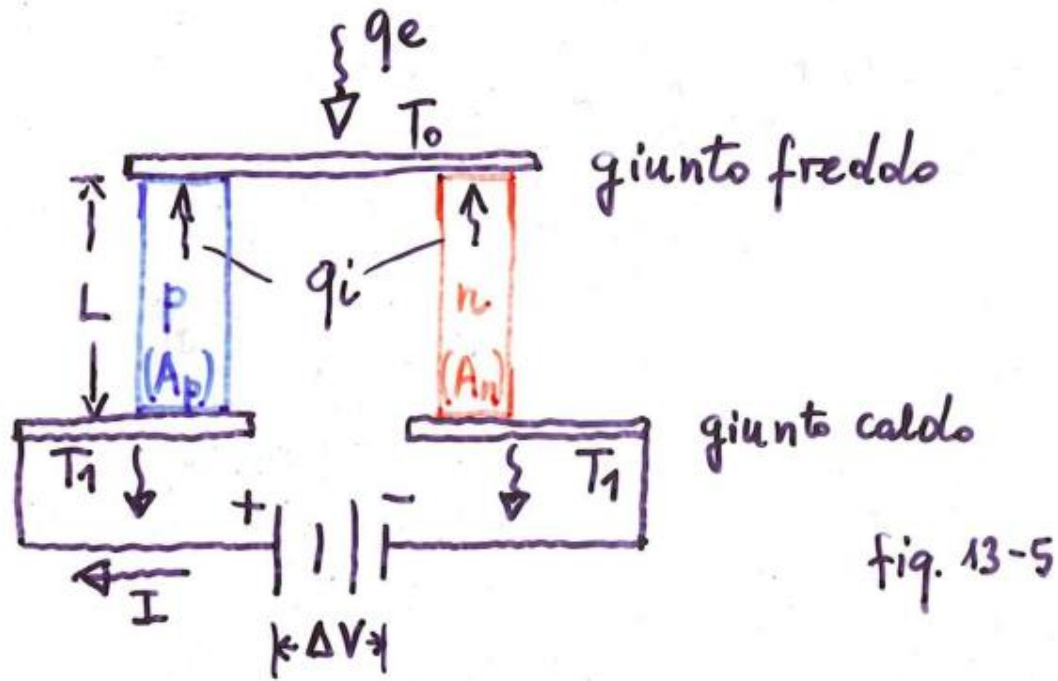
Effetto Joule

$$q_p = q_0 + q_i$$

$$q_i = K \cdot (T_1 - T_0) + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

$$q_0 = \underbrace{(\alpha_p - \alpha_n) \cdot T_0 \cdot I}_{\text{Effetto Seebeck}} - K \cdot (T_1 - T_0) - \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

Effetto Seebeck



$$\varepsilon = \frac{q_0}{P} = \frac{(\alpha_p - \alpha_n) \cdot T_0 \cdot I - K \cdot (T_1 - T_0) - \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2}{(\alpha_p - \alpha_n) \cdot (T_1 - T_0) \cdot I + R \cdot I^2}$$

Se $K = 0$ e $R = 0$: $\varepsilon_{Carnot} = \frac{q_0}{P} = \frac{T_0}{(T_1 - T_0)}$

$$q_0 = (\alpha_p - \alpha_n) \cdot T_0 \cdot I - K(T_1 - T_0) - \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

$$\frac{\partial q_0}{\partial I} = 0 \quad \longrightarrow \quad I'_{ott} = \frac{\alpha_{pn} \cdot T_0}{R}$$

Valore dell'Intensità di corrente che massimizza q_0

$$q_{0,\max} = K \cdot \left[z \cdot \frac{T_0^2}{2} - (T_1 - T_0) \right]$$

$$(T_1 - T_0)_{\max} = z \cdot \frac{T_0^2}{2} - \frac{q_0}{K}$$

Figura di merito, [K⁻¹]

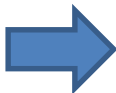
$$z = \frac{\alpha_{pn}^2}{R \cdot K}$$

**Valore dell'Intensità
di corrente che
massimizza ε**

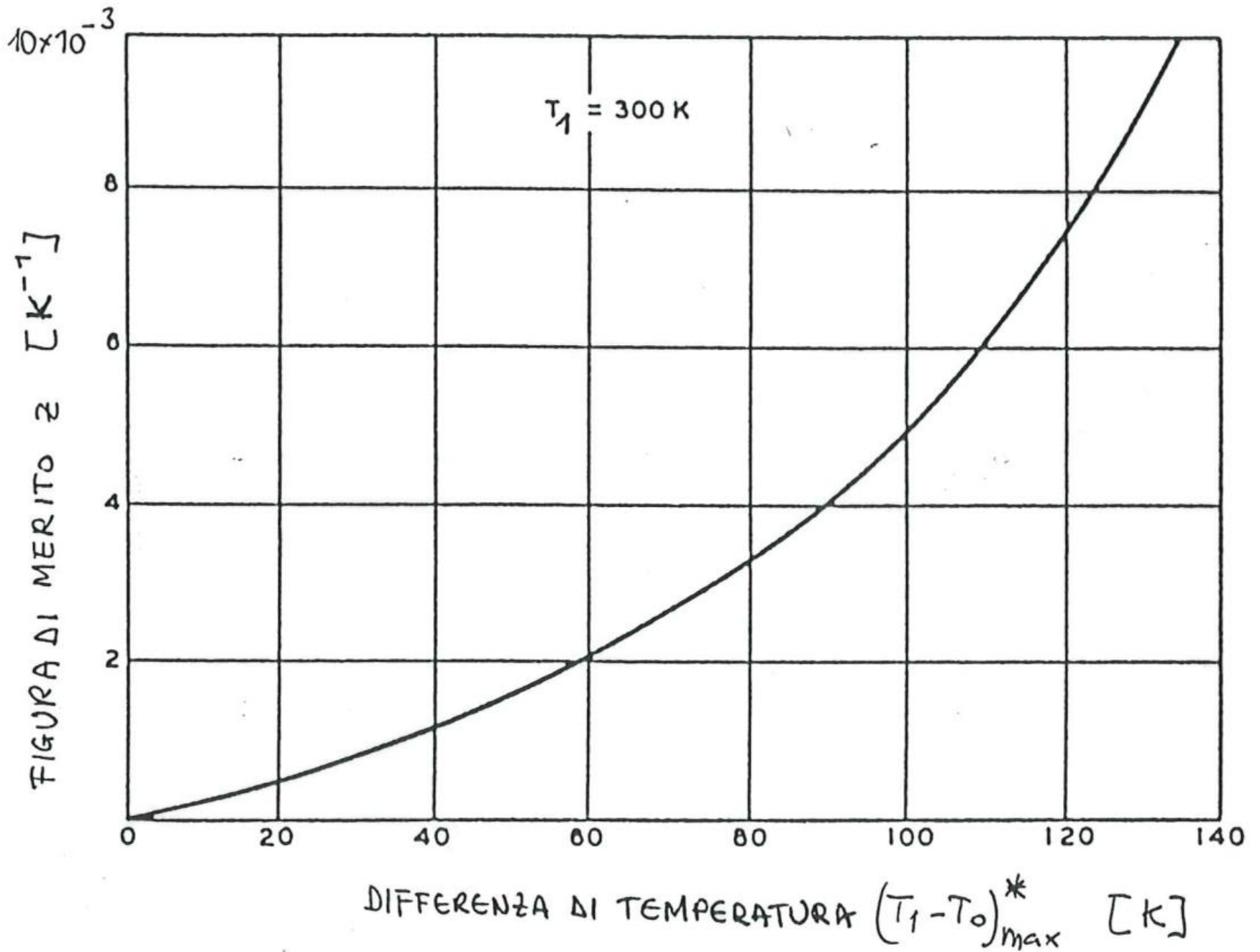
$$I''_{ott} = \frac{\alpha_{pn} \cdot (T_1 - T_0)}{R(\sqrt{1 + zT_m} - 1)}$$

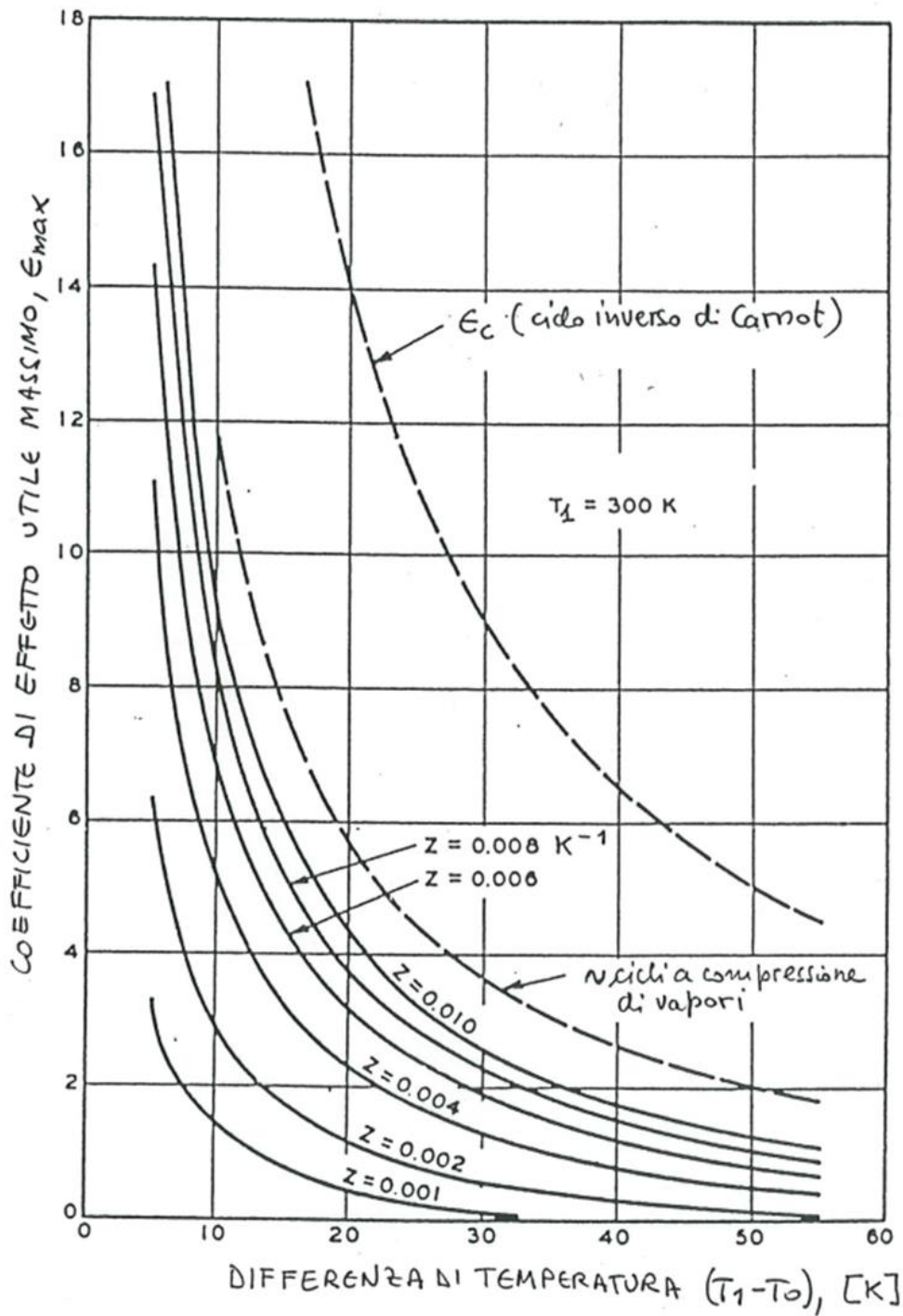
$$T_m = \frac{(T_1 + T_0)}{2}$$

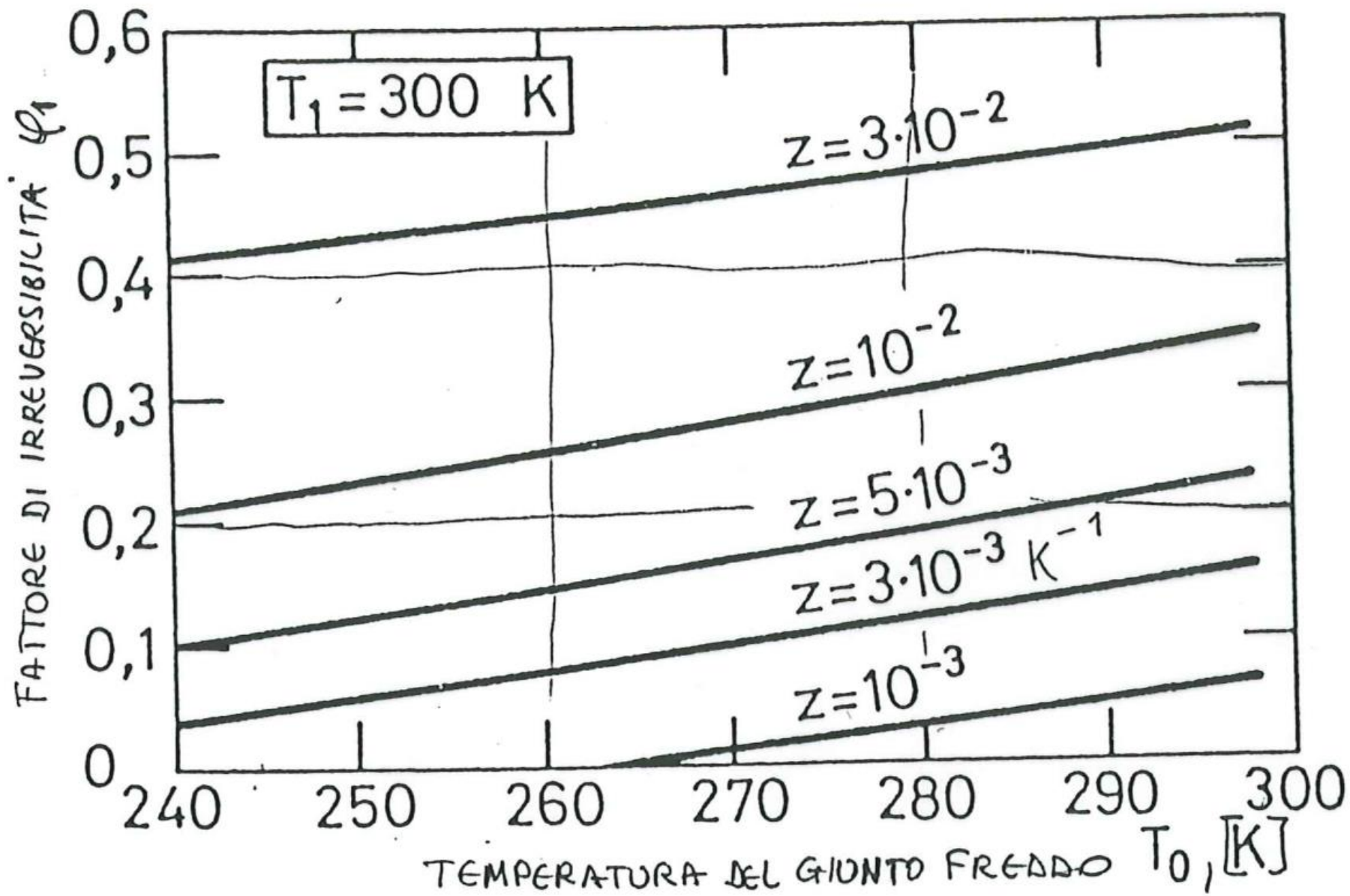
$$\varepsilon = \underbrace{\frac{T_0}{T_1 - T_0}}_{\text{Carnot}} \cdot \frac{\sqrt{1 + z \cdot T_m} - T_1 / T_0}{\sqrt{1 + z \cdot T_m} + 1}$$

Se $z \rightarrow \infty$  $\frac{\sqrt{1 + z \cdot T_m} - T_1 / T_0}{\sqrt{1 + z \cdot T_m} + 1} \rightarrow 1$

$$\varepsilon_{max} = \varepsilon \varphi_1 \rightarrow \text{Coefficiente di irreversibilità}$$







$$z = \frac{\alpha_{pn}^2}{R \cdot K}$$

$$R \cdot K = \left(\frac{L_p \cdot \rho_p}{A_p} + \frac{L_n \cdot \rho_n}{A_n} \right) \cdot \left(\frac{A_p \cdot \lambda_p}{L_p} + \frac{A_n \cdot \lambda_n}{L_n} \right)$$

$$(R \cdot K)_{\min} = \left(\sqrt{\rho_p \cdot \lambda_p} + \sqrt{\rho_n \cdot \lambda_n} \right)^2$$

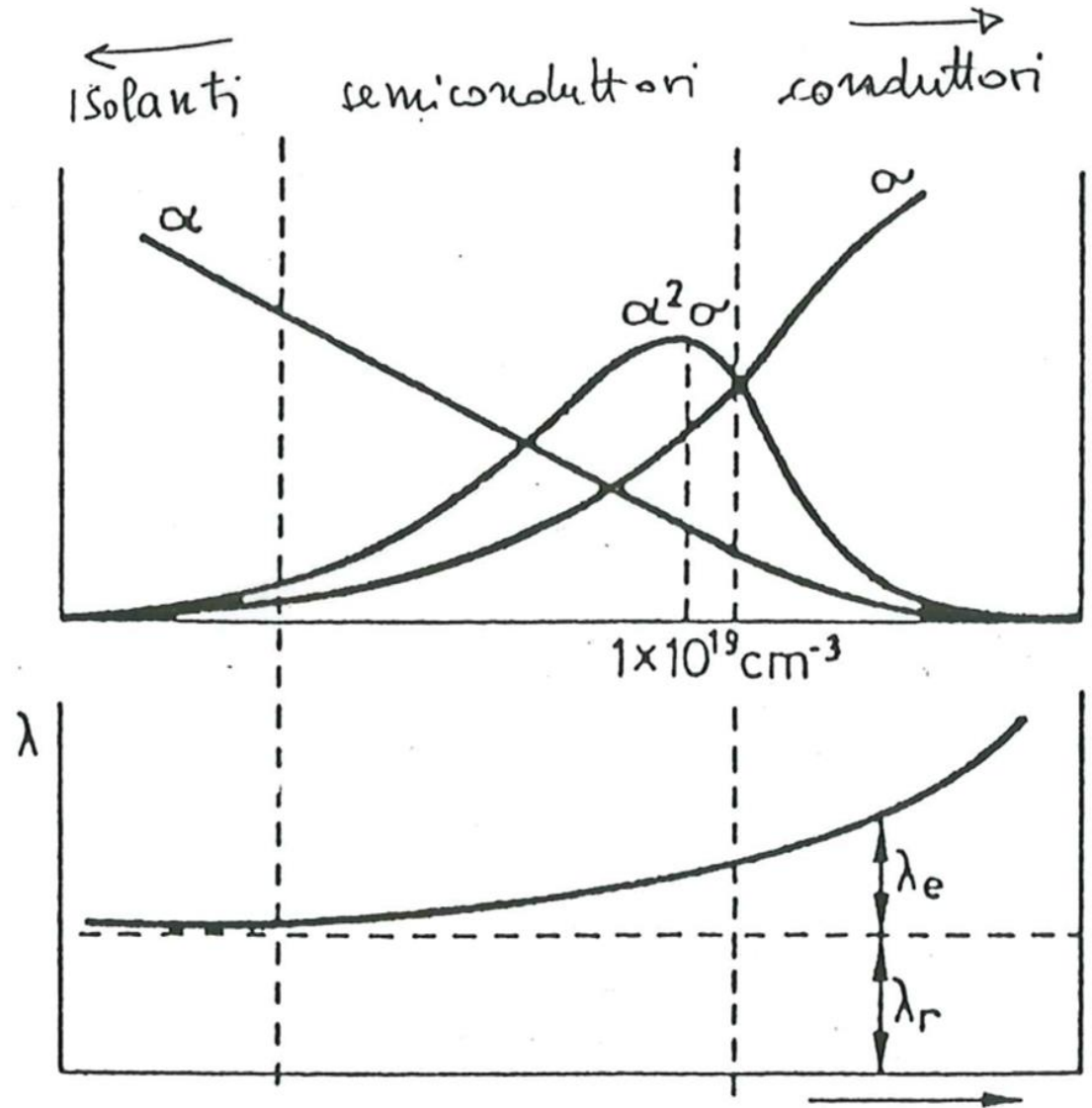
$$\frac{L_n A_p}{L_p A_n} = \left(\frac{\lambda_n \cdot \rho_p}{\lambda_p \cdot \rho_n} \right)^{0.5}$$

$$z_{\max} = \left(\frac{(\alpha_p - \alpha_n)}{\sqrt{\lambda_p \rho_p} + \sqrt{\lambda_n \rho_n}} \right)^2$$

Per singolo materiale:

$$z_{\max} = \frac{\alpha^2}{\lambda \cdot \rho} = \frac{\sigma \cdot \alpha^2}{\lambda}$$

Materiali



concentrazione portatori liberi di carica, n

VALORI DI RIFERIMENTO

- Bi_2Te_3 , 300 K Tellururo di bismuto è un composto di **bismuto** e **tellurio**

$$\alpha = 220 \mu\text{V} / \text{K}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = 10^5 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\lambda = 1.5 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$$

$$z = 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

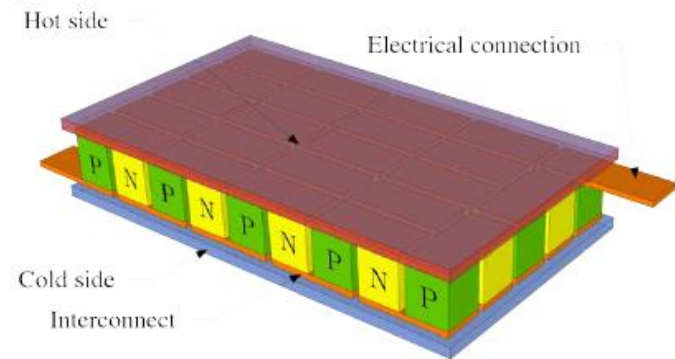


Image by [michbich](#) at Wikipedia.

1 mm x 1 mm x 2 mm

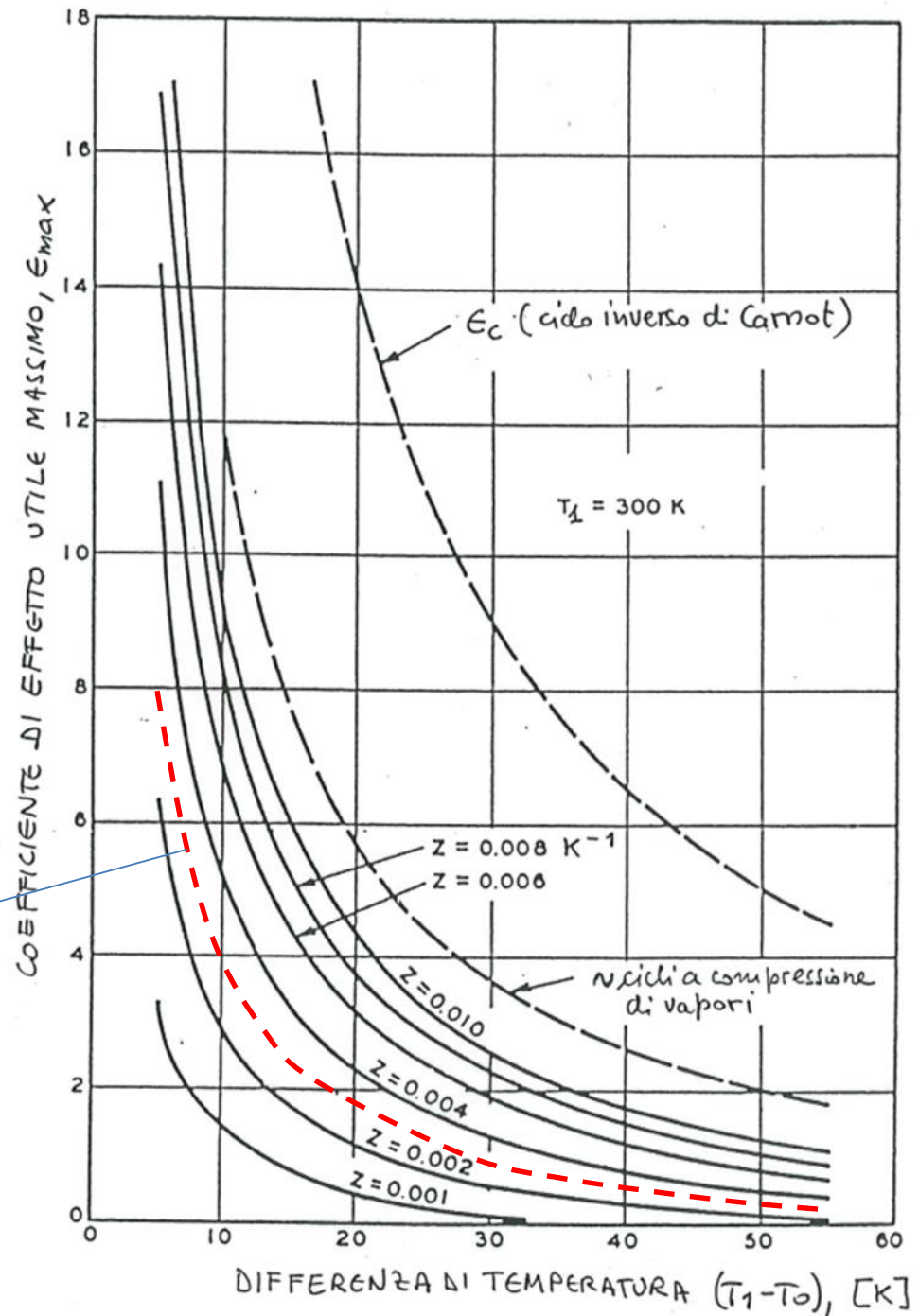
$$R_1 = \frac{L}{\sigma A} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^5 \times 10^{-6}} = 0.02 \quad \Omega$$

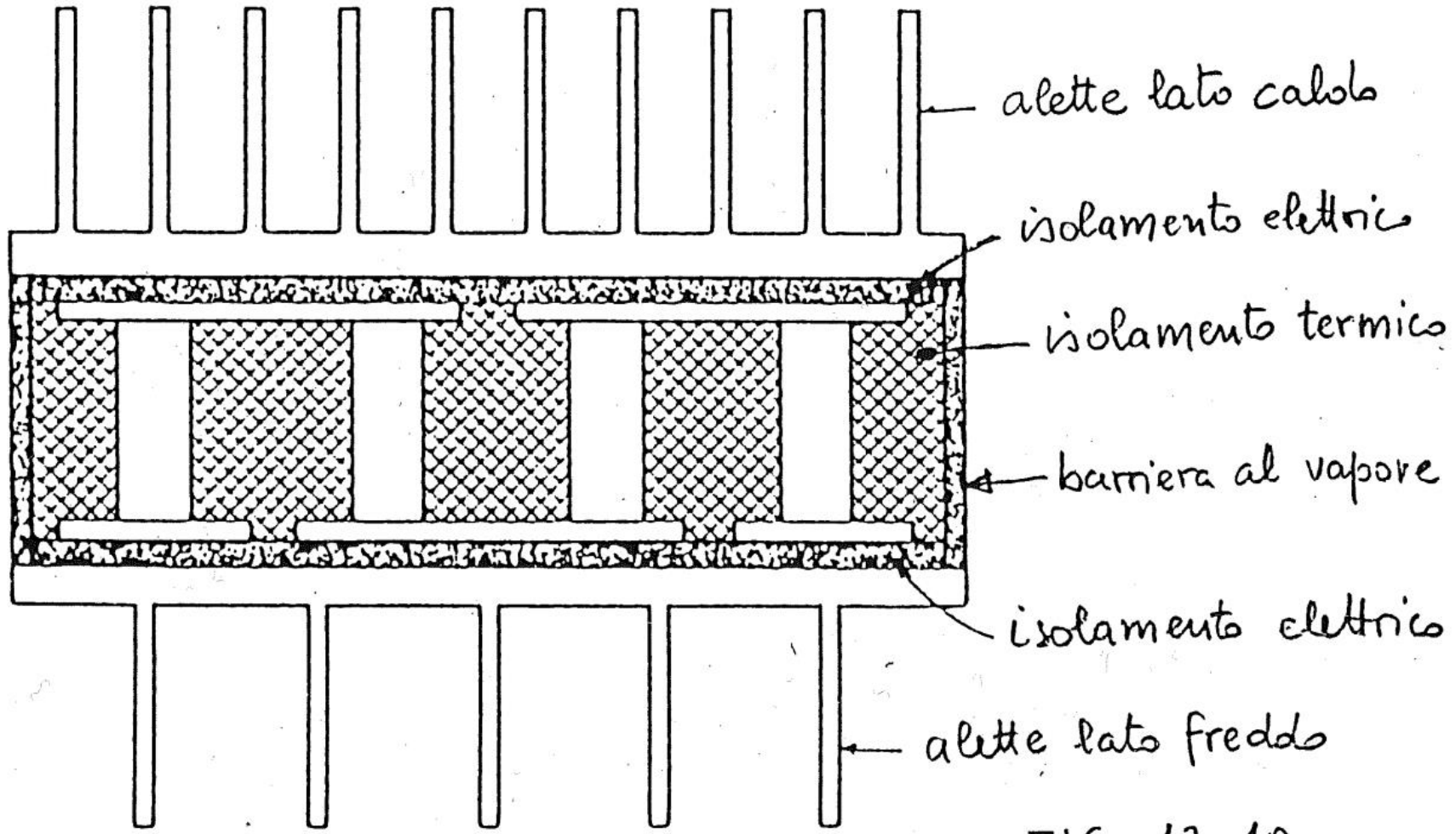
$$z_{\max} = \left(\frac{(\alpha_p - \alpha_n)}{\sqrt{\lambda_p \rho_p} + \sqrt{\lambda_n \rho_n}} \right)^2$$

Per singolo materiale:

$$z_{\max} = \frac{\alpha^2}{\lambda \cdot \rho} = \frac{\sigma \cdot \alpha^2}{\lambda}$$

$$z = 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$





alette lato caldo

isolamento elettrico

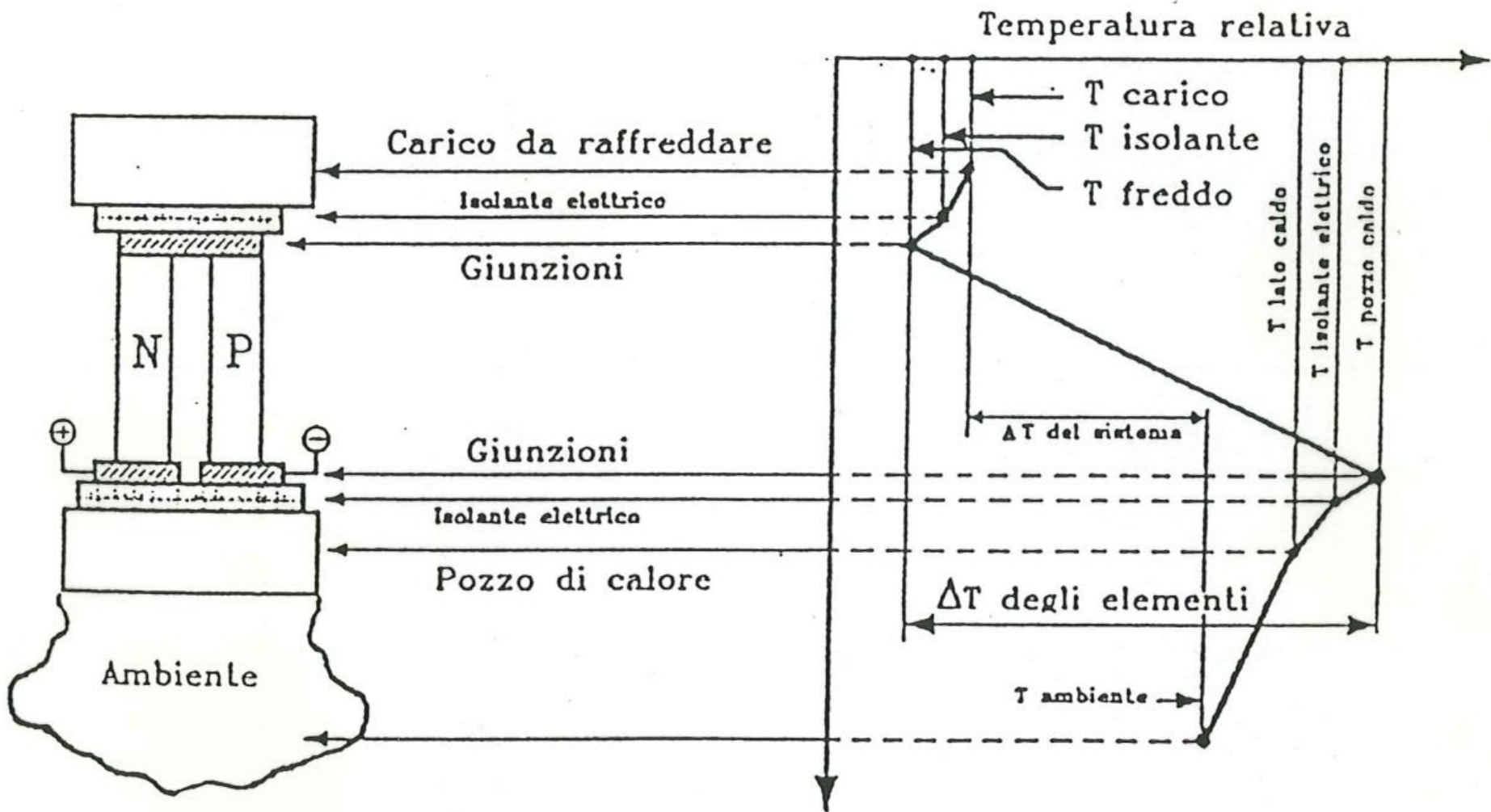
isolamento termico

barriera al vapore

isolamento elettrico

alette lato freddo

FIG. 13.10



Temperatura relativa

Carico da raffreddare

Isolante elettrico

Giunzioni

N

P

Giunzioni

Isolante elettrico

Pozzo di calore

Ambiente

T_{carico}

T_{isolante}

T_{freddo}

$T_{\text{lato caldo}}$

$T_{\text{isolante elettrico}}$

$T_{\text{pozzo caldo}}$

ΔT del sistema

ΔT degli elementi

T_{ambiente}

L'utilizzo in ambito aerospaziale è limitato per il loro relativamente basso valore di COP (Coefficient Of Performance, ε) soprattutto ad elevate differenze di temperatura.

In ambito aerospaziale normalmente i TEC sono costruiti ad hoc e prevedono un radiatore all'esterno per aumentare lo scambio termico con l'esterno

Si possono usare TEC a più stadi.

