

HEAT PIPE

Fattori che limitano lo scambio termico

- 1. Viene raggiunta la velocità del suono dal vapore in qualche punto del tubo.** A basse pressioni del vapore, con grandi volumi specifici si possono avere elevate velocità del vapore alla fine della zona di evaporazione, anche per flussi termici scambiati bassi e si può raggiungere la velocità del suono.
- 2. La capacità della struttura capillare a far circolare il liquido.** La circolazione del fluido è data da Δp_c . Se si aumenta il flusso termico scambiato allora la perdita di carico lungo il percorso liquido-vapore aumenta. Per un certo flusso termico scambiato il Δp essere insufficiente a muovere la necessaria portata di fluido dalla zona di condensazione a quella di evaporazione
- 3. L'attrito nella fase vapore che limita la circolazione**
- 4. Trascinamento del liquido.** Il liquido, che viaggia verso la zona di vaporizzazione nella struttura porosa, viene strappato dal vapore e portato verso la zona di condensazione. Si hanno quindi premature limitazioni del tipo 2 con possibile prosciugamento della struttura porosa nella zona di riscaldamento
- 5. Crisi termica.** L'evaporazione del fluido nella struttura porosa dà luogo a fenomeni critici, che limitano il flusso termico che può essere scambiato nella zona di riscaldamento. Non vi può essere una crescita illimitata del flusso termico nella zona di riscaldamento. A basse pressioni esso è limitato dal punto 1. Ad alte pressioni esso è limitato inoltre dal possibile essiccamento della struttura porosa e dal conseguente surriscaldamento della parete.
- 6. La resistenza termica esterna troppo alta.**

1. velocità nel suono
(basse pressioni e basse temperature)

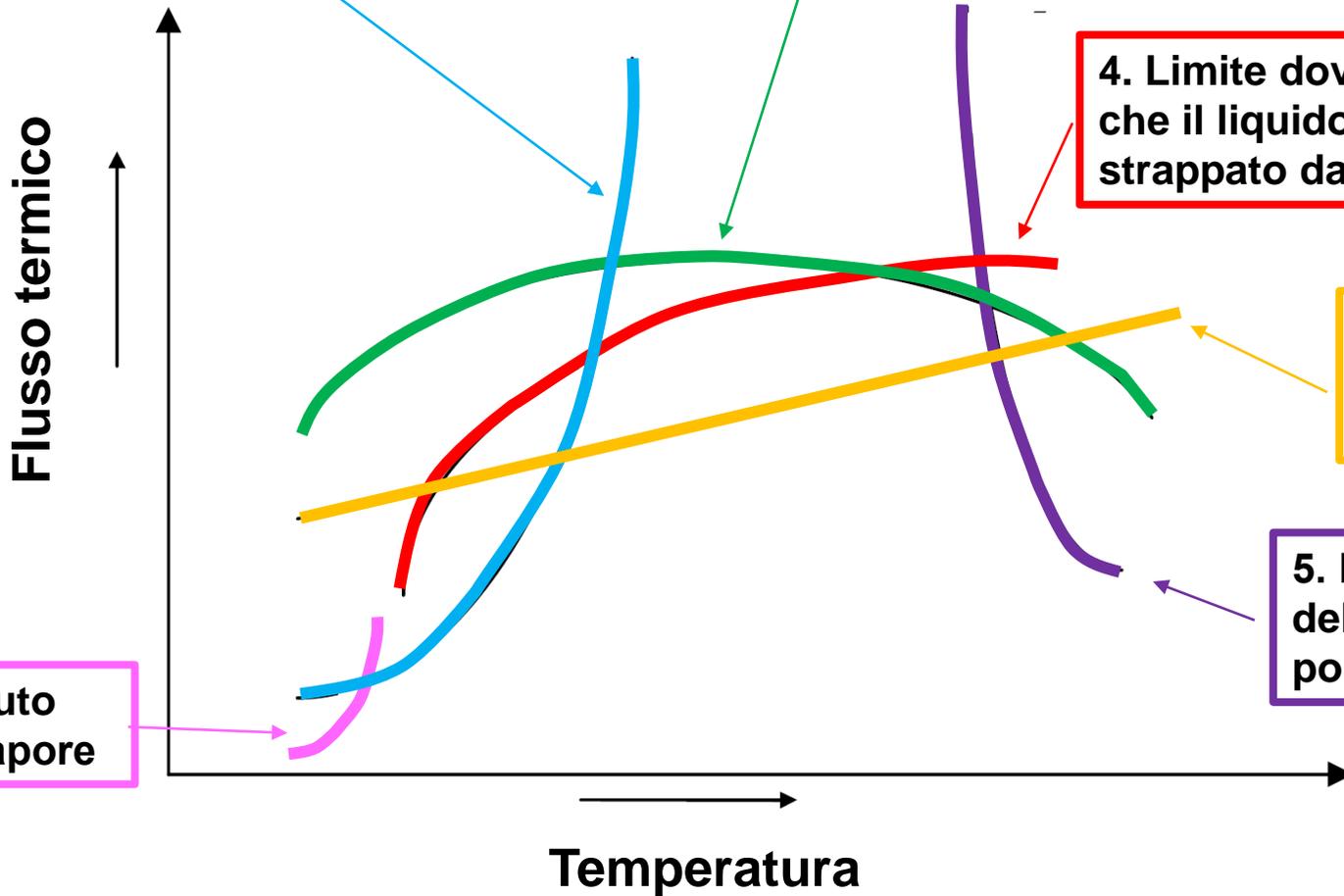
2. capacità della struttura capillare a far circolare il liquido

4. Limite dovuto al fatto che il liquido viene strappato dal vapore

6. Limite fissato dalla resistenza termica esterna al tubo di calore

5. Limite dovuto all'ebollizione del liquido nella struttura porosa (flusso termico critico)

3. Limite viscoso dovuto all'attrito nella fase vapore



Caratteristiche del fluido di lavoro

1. Elevata tensione superficiale perchè si abbia un buon pompaggio capillare.
2. Buone caratteristiche di bagnabilità per le stesse ragioni.
3. Bassa viscosità per aiutare il pompaggio.
4. Elevata conducibilità termica per aiutare lo scambio termico alla parete.
5. Elevato calore latente di vaporizzazione.
6. Punti di fusione ed ebollizione compatibili con l'intervallo operativo.
7. Alta densità per ridurre la resistenza al moto.
8. Non dar luogo a corrosione della parete e della struttura porosa.
9. Essere chimicamente stabile

Temp. operative (°C)	Fluido	Pt. di ebollizione a 1 atm (°C)	Materiali
-200 -170	Azoto	-196	acciaio inox
-70 +50	Ammoniaca	-33	acciaio inox, alluminio, nickel.
-60 +40	R-134a	-30	acciaio inox, alluminio, rame
-30 +100	Metanolo	65	Rame
+10 +200	Acqua	100	Rame
+190 +500	Mercurio	356	acciaio inox
400 800	Potassio	760	acciaio inox
500 900	Sodio	883	acciaio inox
900 1500	Litio	1330	tantalo

Caratteristiche delle strutture porose

a) Struttura omogenea



Sono le prime strutture utilizzate nei tubi di calore (tessuto, fibra di vetro, metalli porosi, maglia di filo metallico). Attaccate alla parete del tubo in modo da avere buon contatto con la parete.

b) Struttura con canali



Canalizzazioni nella parete (b)

Canalizzazioni coperte da uno schermo sottile (c).

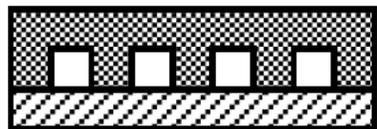
c) Struttura con canali + schermo



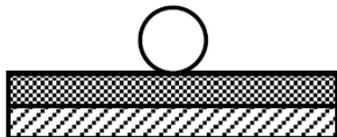
Un vantaggio di quest'ultima sistemazione è che si riduce la quantità di liquido che, mentre fluisce nella struttura, viene "strappato" dal vapore che viaggia verso la zona di

condensazione. Inoltre lo schermo può avere pori di diametro molto piccolo, dando luogo ad una pressione capillare motrice molto alta.

c) Struttura omogenea con canali



d) Arteria



L'arteria permette un percorso a bassa perdita di carico per il liquido. Simili percorsi si hanno anche nella configurazione c.

Altre strutture porose

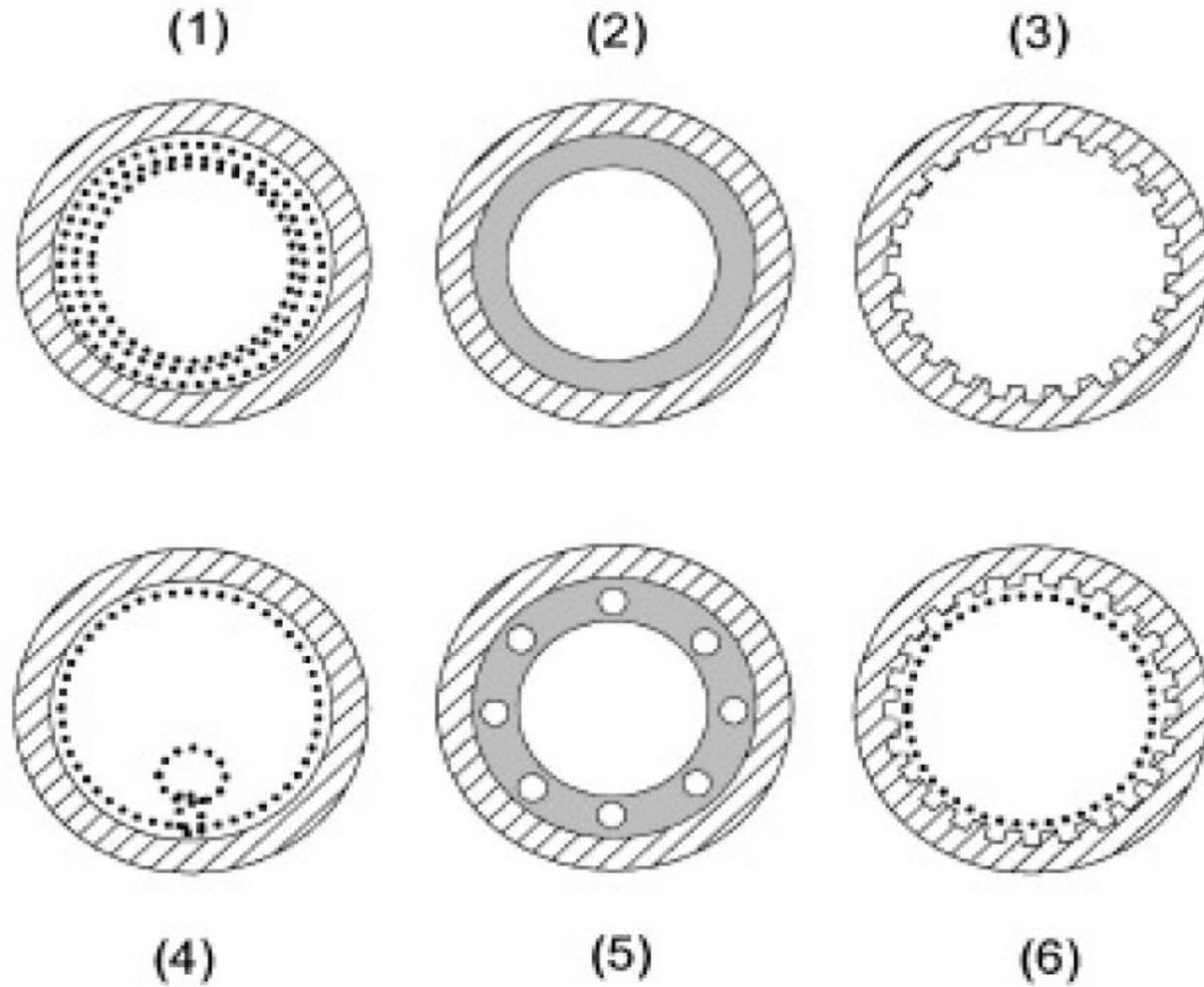


Figure 1 Typical wick or capillary structures and configurations [8]: (1) wrapped screen, (2) sintered metal, (3) open grooves, (4) artery, and (5) and (6) combined structures.

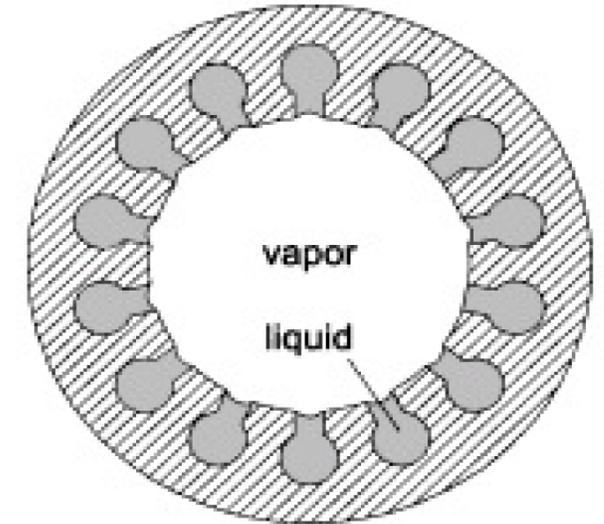


Figure 2 Re-entrant groove structure [6].

Microgrooves structures

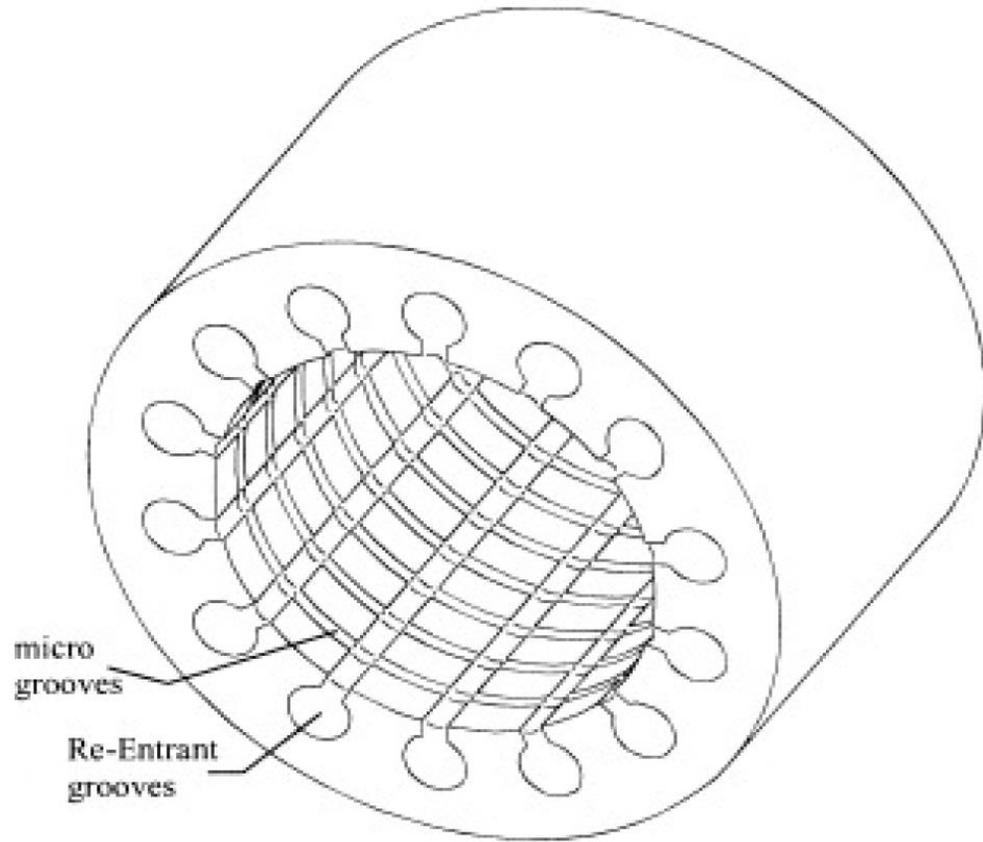


Figure 5 Advanced capillary structure with microgrooves.

$$D_{mic}=0,56 \text{ mm} \quad R_{re}=0.8 \text{ mm} \quad D_{re}=2.7 \text{ mm} \quad W_{re}=0.9 \text{ mm}$$
$$W_{mic}=0,37 \text{ mm} \quad H_{mic}=0.6 \text{ mm} \quad H_{re}=1.4 \text{ mm}$$

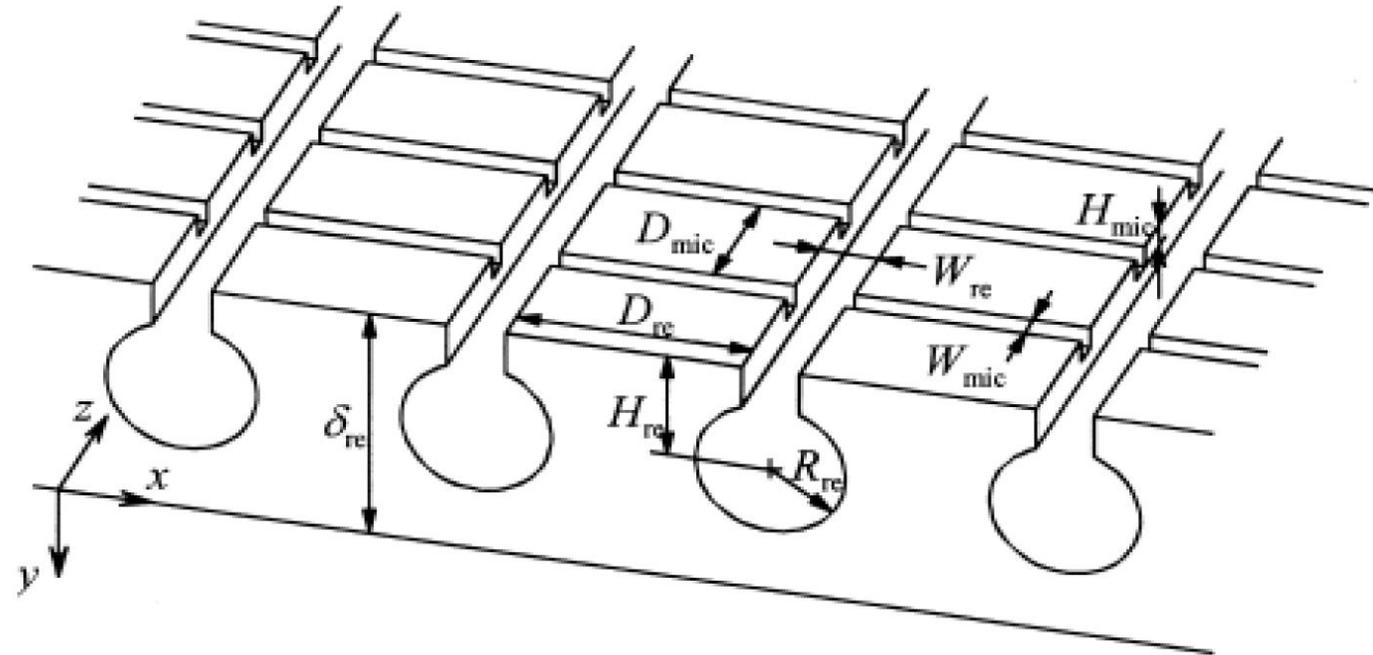
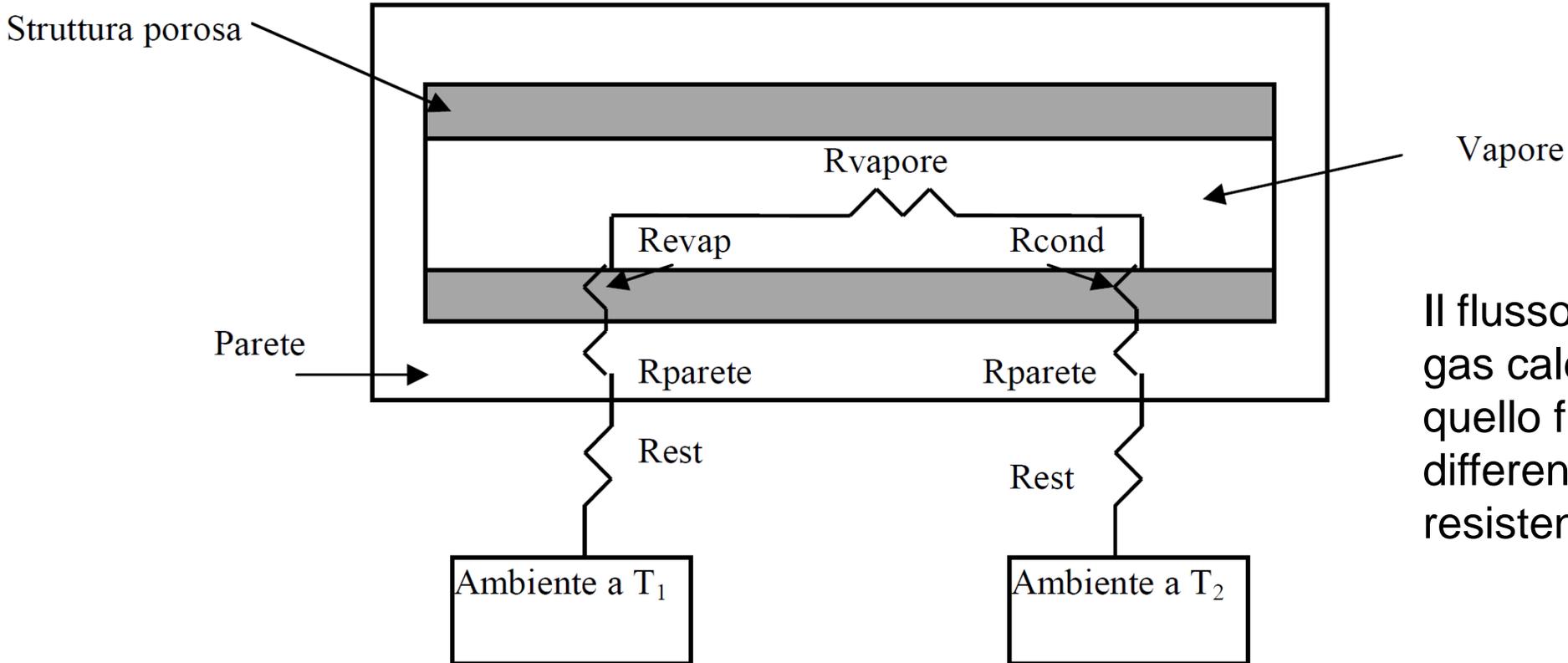


Figure 7 Dimensions of the capillary groove structures.

Resistenze termiche in un tubo di calore



Il flusso termico scambiato tra il gas caldo a temperatura T_1 e quello freddo a T_2 è pari alla differenza di temperatura diviso la resistenza termica totale:

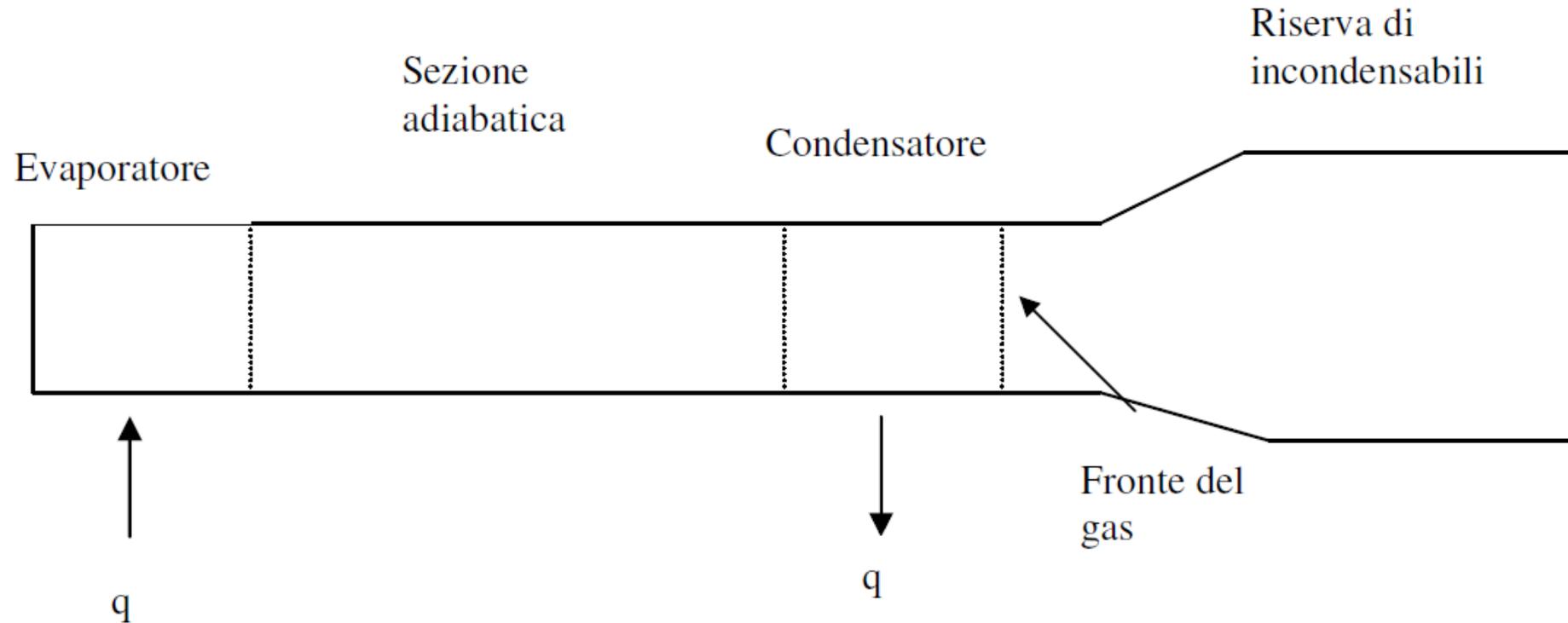
$$q = (T_1 - T_2) / R$$

Si ipotizzi di trascurare la resistenza assiale della parete del tubo e della struttura porosa, le resistenze all'interfaccia liquido-vapore e la resistenza assiale del vapore.

La resistenza totale è data dalla somma delle resistenze radiali della parete del tubo e della struttura porosa all'evaporatore e al condensatore e delle resistenze termiche esterne.

Eventuali gas incondensabili presenti tendono ad accumularsi al condensatore.

Tubo di calore a conduttanza variabile



Al variare del flusso termico scambiato, varia la pressione interna e il fronte del gas incondensabile si muove verso destra o verso sinistra.

Quando il flusso termico scambiato è alto, la pressione cresce, il gas viene spinto verso la riserva, così l'area di scambio al condensatore aumenta.

Viceversa se il flusso termico cala, la pressione cala, il gas entra nel condensatore. In questo modo grandi variazioni del flusso termico scambiato, provocano piccole variazioni di temperatura operativa.