

# Organic Rankine Cycle

Organic Rankine Cycle (ORC) è un ciclo Rankine, dove viene utilizzato come fluido di lavoro un fluido organico invece dell'acqua.

Un fluido organico è per definizione un fluido che ha in molecola uno o più atomi di carbonio

Nelle applicazioni a bassa temperatura l'adozione di un ciclo ORC può portare notevoli vantaggi.

Le tipiche applicazioni sono:

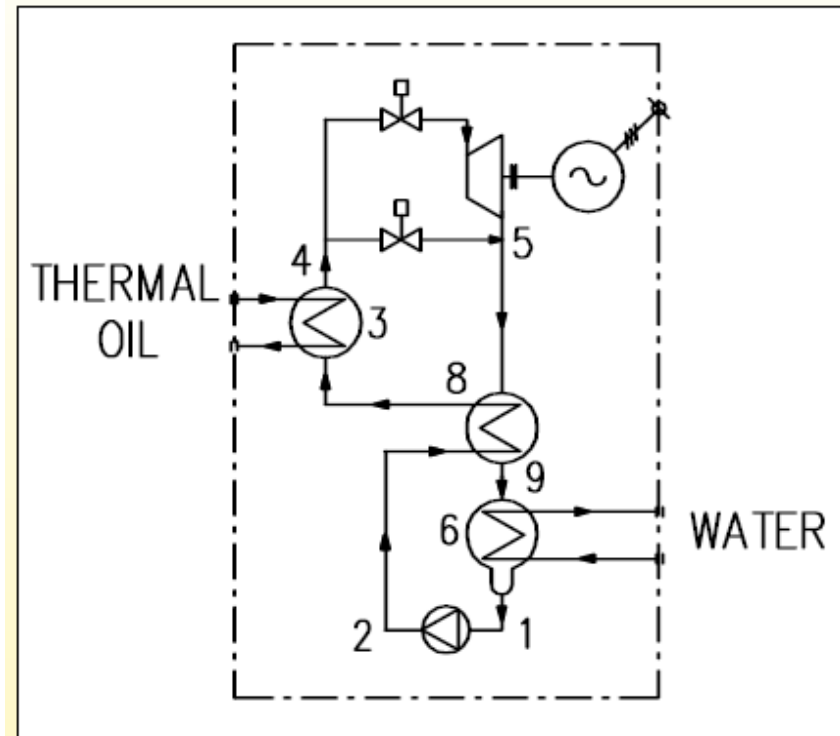
a. centrali geotermiche.

b. centrali di cogenerazione a biomassa.

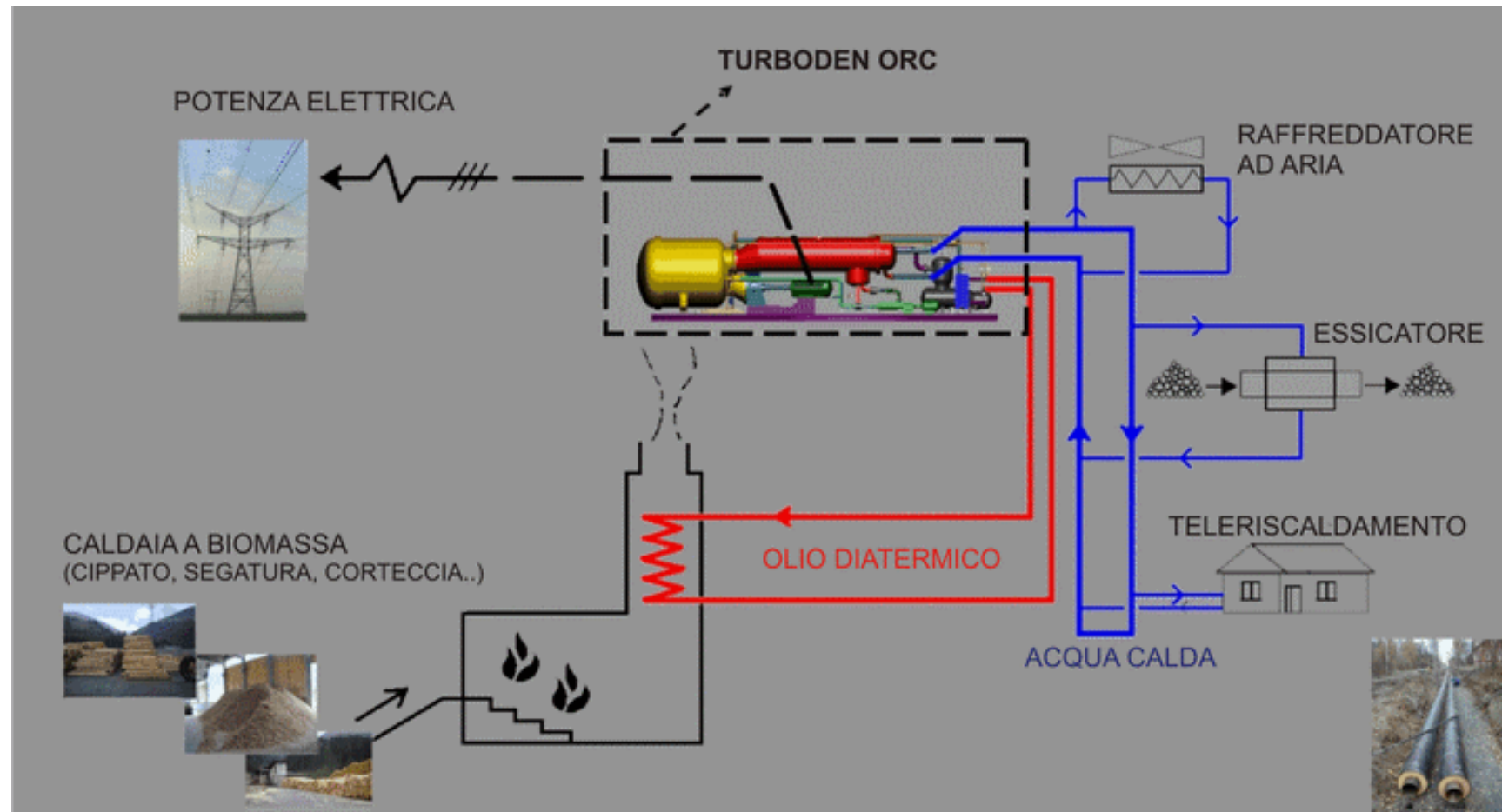
c. applicazioni di recupero di calore.

d. applicazioni che utilizzano energia solare

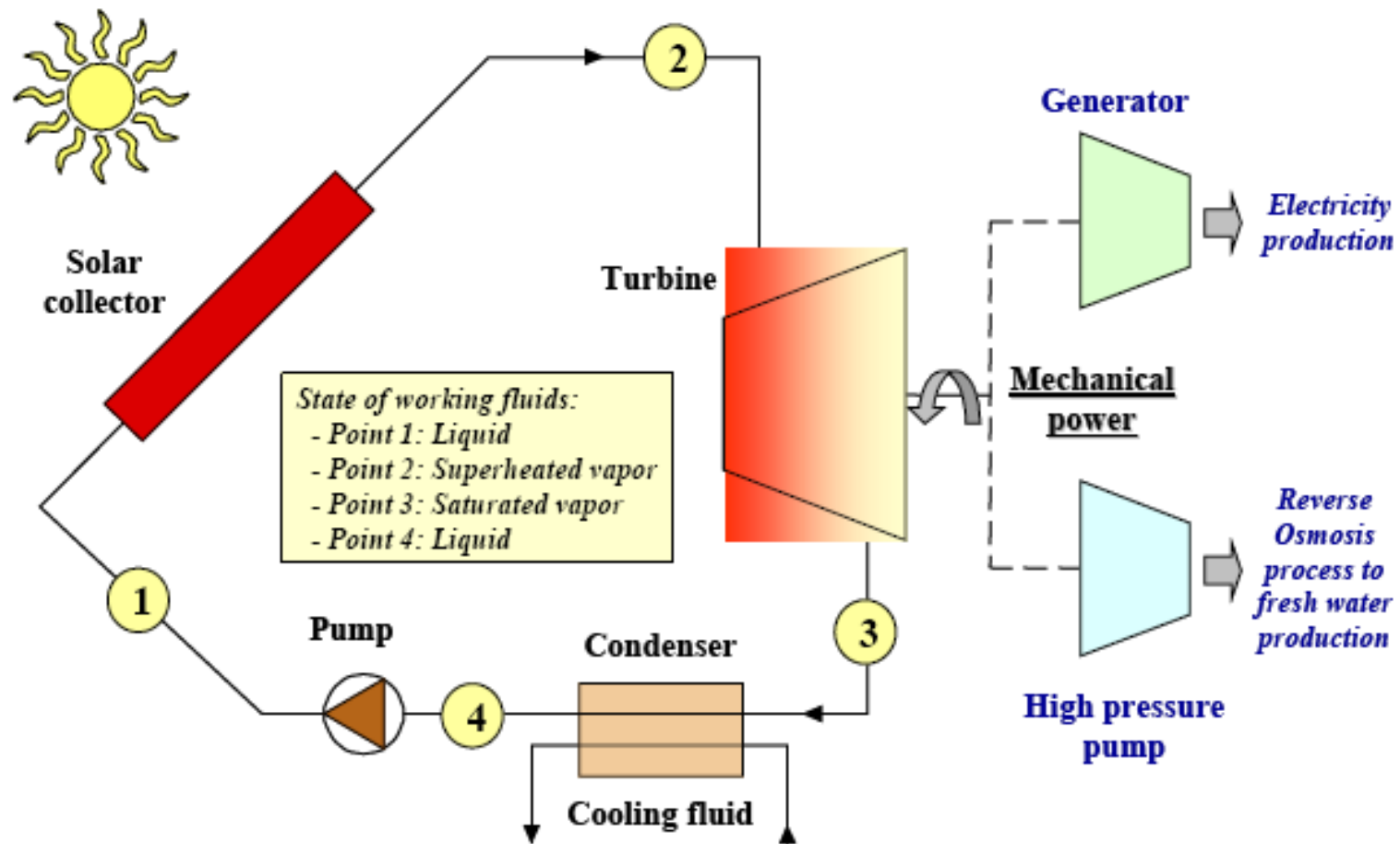
# Configurazione di principio di un impianto ORC



# Applicazioni che utilizzano energia da biomasse



# Applicazioni che utilizzano energia solare



# La scelta del fluido di lavoro:

- 1) Ottimizzi l'efficienza del ciclo.
- 2) Si accoppi bene con quello proveniente dalla sorgente termica.

Il fluido di lavoro può essere classificato in tre categorie:

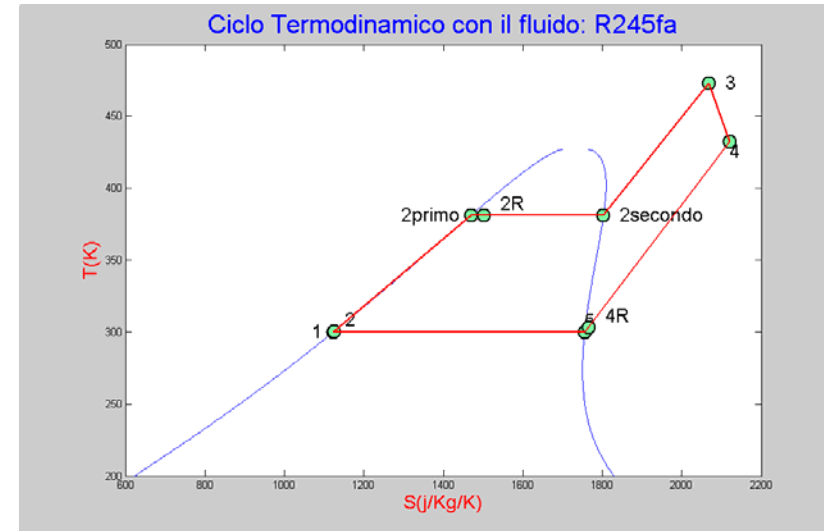
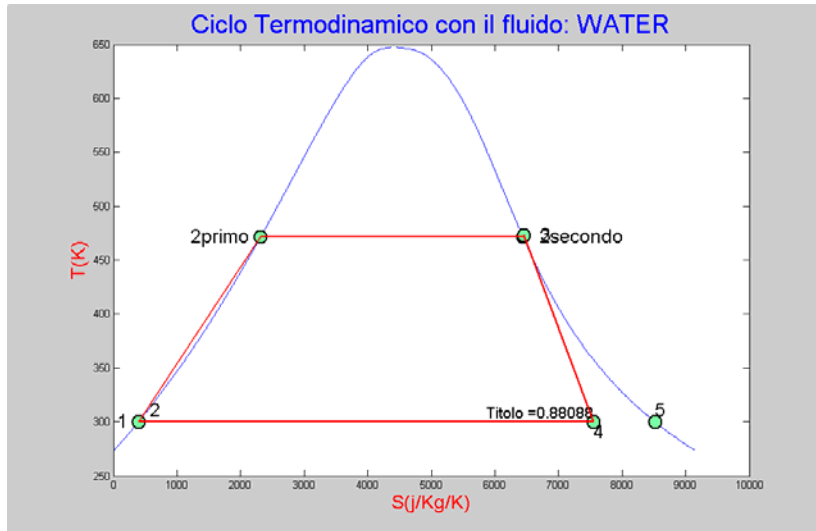
- Dry
- Isentropic
- Wet

In funzione della pendenza della curva del vapore nel piano T-S, ossia a seconda che  $(dT/dS)$  sia positiva, infinita o negativa.

# Proprietà termofisiche dei fluidi di lavoro

| Fluidi                         | H2O  | NH3   | R134a  | R11 | R113  | R245fa |
|--------------------------------|------|-------|--------|-----|-------|--------|
| Proprietà                      |      |       |        |     |       |        |
| $dT/dS$                        | < 0  | < 0   | = 0    | = 0 | > 0   | > 0    |
| Peso Molecolare                | 18   | 17    | 102    | 137 | 187   | 134    |
| Punto Critico (K)              | 647  | 405.3 | 374.15 | 471 | 487.3 | 427.2  |
| Calore latente a 1 bar (kJ/kg) | 2200 | 1347  | 215    | 179 | 143.9 | 197    |

# Influenza della pendenza della curva del vapore $dT/dS$



Durante la fase di espansione i fluidi con pendenza della curva del vapore positiva si dice che rimangono asciutti da qui il nome "dry", a differenza di quanto avviene per H<sub>2</sub>O ("wet").

Il notevole vantaggio è di evitare la formazione di goccioline di acqua che muovendosi ad elevata velocità urtano contro le palette della turbina ed inoltre ne provocano l'erosione.

# Influenza del peso molecolare

Per tali tipi di applicazioni si deve scegliere un fluido che abbia un valore alto del peso molecolare. Questa considerazione deriva da semplici osservazioni relative alla progettazione della turbina.

$$L = \frac{k}{k-1} * p1 * v1 * \left[ 1 - \left( \frac{p2}{p1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] = \frac{k}{k-1} * R * T1 * \left[ 1 - \left( \frac{p2}{p1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right], \text{ kJ/kg} \quad R = \frac{Ro}{m}$$

$$L \propto \frac{k}{k-1} * \frac{Ro}{m} * T1 * \left[ 1 - \left( \frac{p2}{p1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]$$

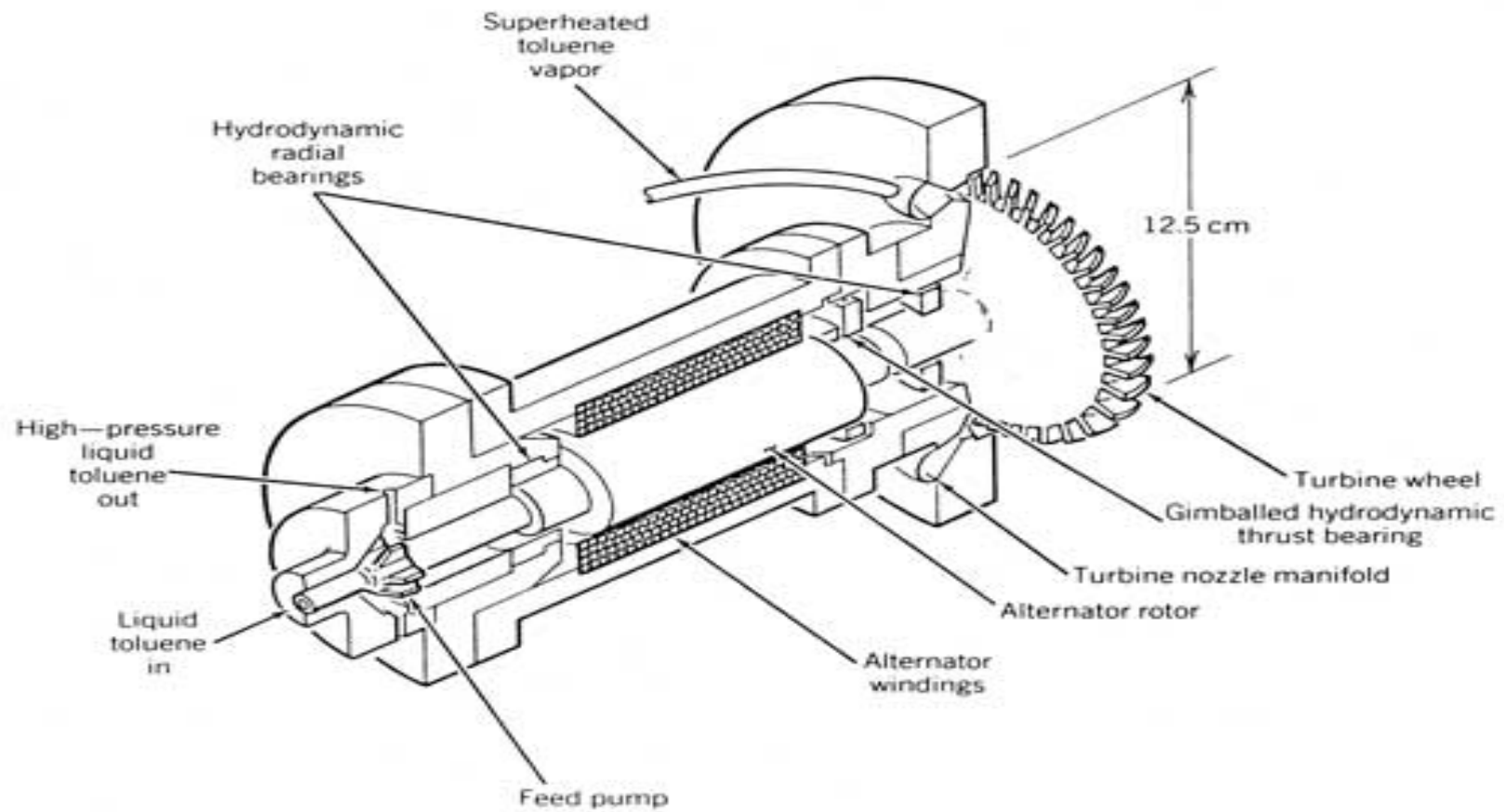
Per una dato rapporto di pressione una elevata massa molecolare mi permette di contenere il lavoro di espansione per unità di massa.

Questo mi consente un notevole vantaggio dal punto di vista costruttivo in quanto costruirò la mia turbina con un solo stadio; a differenza di quanto avviene con l'acqua dove lavoro con turbine multi-stadio.

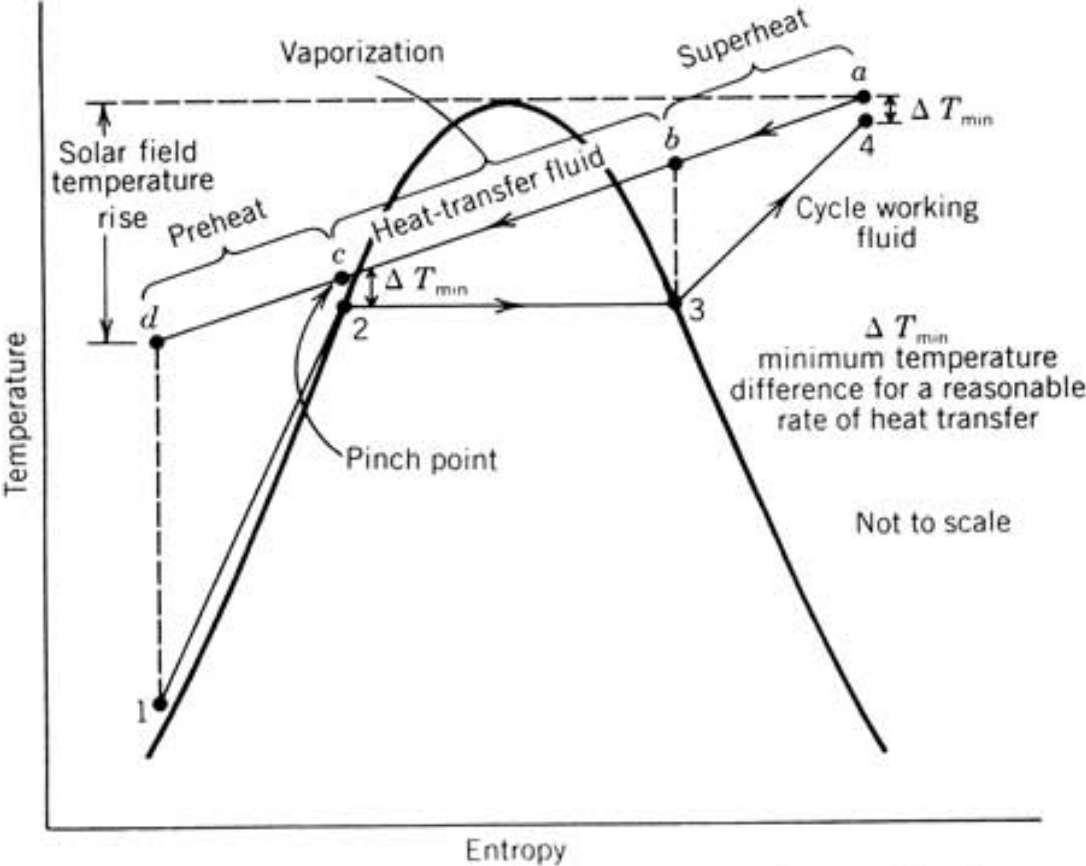
Vediamo se si hanno altri vantaggi

$$L = \frac{k}{k-1} * \frac{Ro}{m} * T1 * \left[ 1 - \left( \frac{p2}{p1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \propto u^2 \propto N^2 \rightarrow L \propto u^2 \propto N^2 * \frac{(k-1)}{k} * \frac{m}{Ro}$$

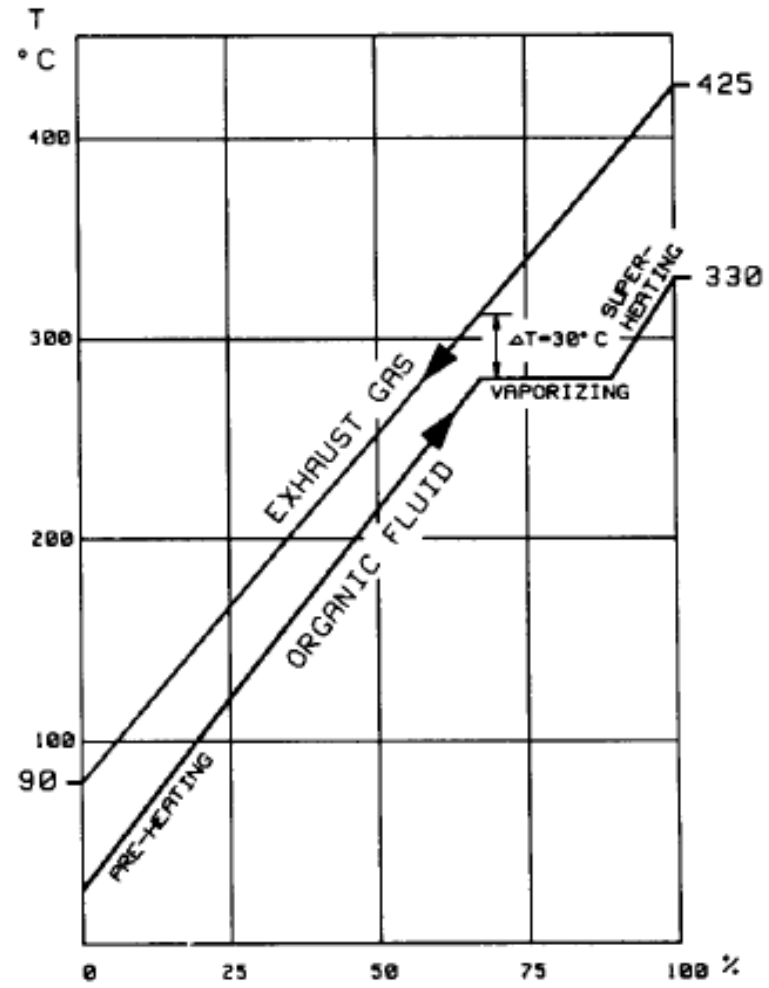
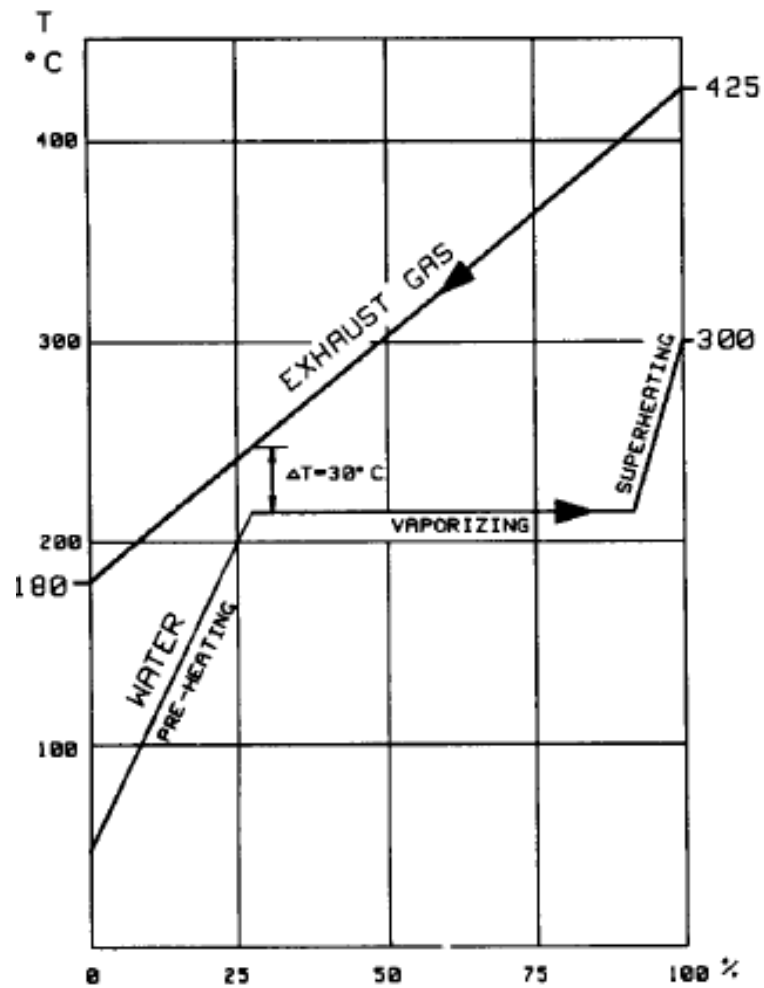
- Bassa sollecitazione meccanica della turbina, dovuta ad una velocità periferica più bassa.
- Basso numero di giri della turbina, tale da consentire il collegamento diretto al generatore elettrico senza interposizione di riduttore di giri



# Influenza del calore latente di vaporizzazione



# Influenza del calore latente di vaporizzazione



RELATIVE HEAT POWER

