

RAMO MINERARIO E AMBIENTE E TERRITORIO

TEMA 1

Un forno continuo di essiccamento è alimentato con 50000 Nm<sup>3</sup>/ora di aria nella quale confluiscono, per evaporazione da un supporto solido, 80 kg/ora di metanolo.

L'aria in ingresso nel forno è alimentata a 30° C, mentre il flusso in uscita è alla temperatura di 40 °C.

L'impianto lavora per 16 ore/giorno e 260 giorni/anno.

I gas in uscita dal forno devono subire un trattamento di depurazione prima di poter essere rilasciati in atmosfera, in quanto il limite di accettabilità in emissione è pari a 150 mg CH<sub>3</sub>OH/ Nm<sup>3</sup>.

Detto trattamento può farsi secondo una delle seguenti alternative:

- A) Adsorbimento su carbone attivo, con rigenerazione del carbone esaurito presso terzi, nell'ipotesi di scarico alla concentrazione limite e di raggiungimento delle condizioni di equilibrio
- B) Combustione in impianto a recupero termico, con resa di depurazione pari al 99%
- C) Assorbimento in acqua, con successiva depurazione dei reflui in impianto di trattamento, nell'ipotesi di scarico del flusso gassoso alla concentrazione limite.

Per ciascuna delle alternative sono riportate nelle pagine allegate i parametri, le caratteristiche tecniche e di costo.

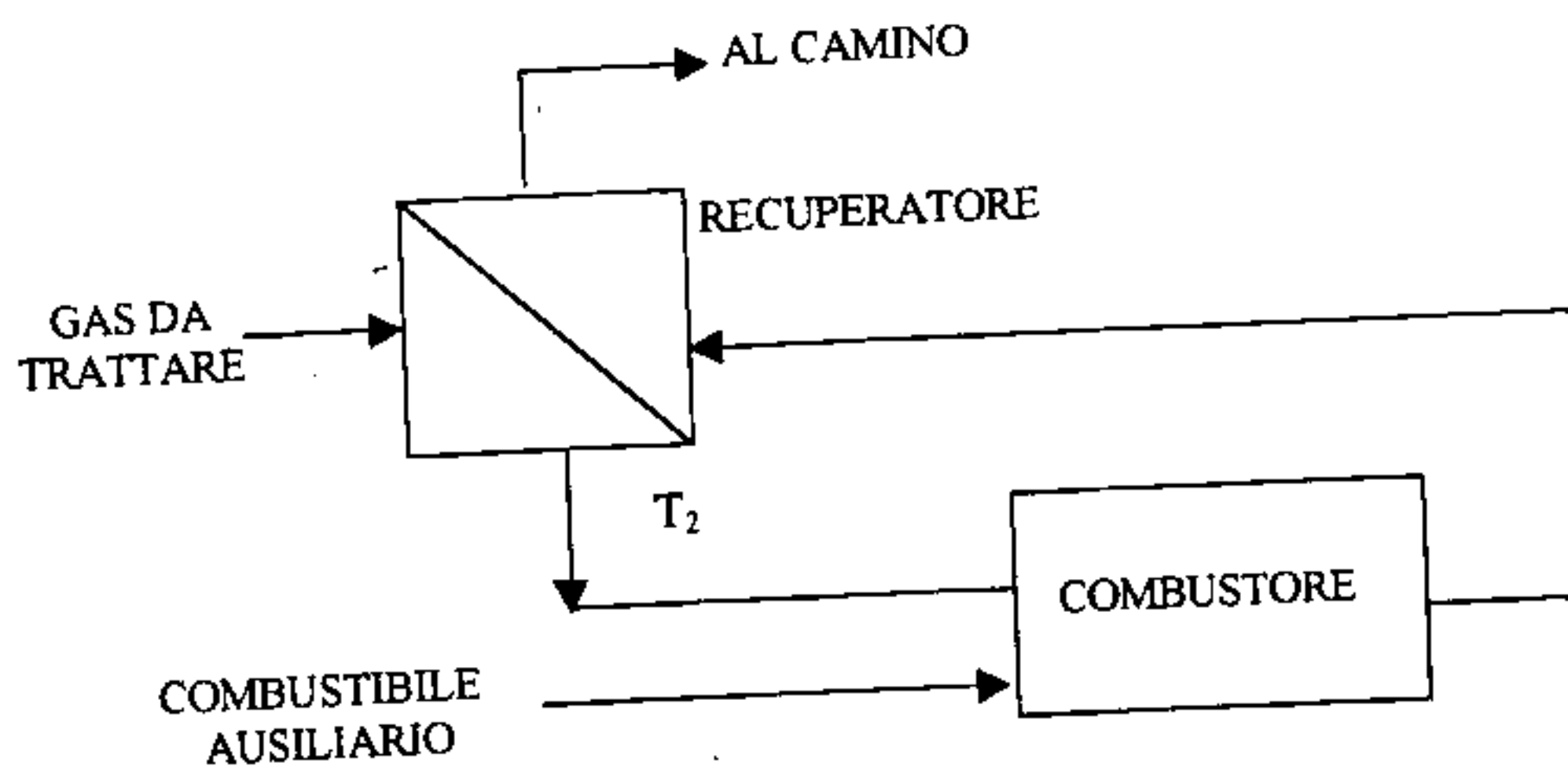
Per ciascuna delle alternative si richiede:

- 1) Bilancio di materia (e di calore per la soluzione di combustione)
- 2) Dimensionamento di massima dell'apparecchiatura
- 3) Costo orario di esercizio, nell'ipotesi di ammortizzare l'apparecchiatura in 10 anni al tasso del 5% annuo, con rata costante.

Soluzione A: Adsorbimento su carbone attivo

- Coefficienti dell'isoterma di Freundlich:  $k = 21 \text{ (mg/g)} \cdot (\text{Nm}^3/\text{mg})^{1/n}$   $1/n = 0,54$
- Costo carbone attivo: 3000 £/kg
- Densità in mucchio: 500 kg/m<sup>3</sup>
- Costo acquisto e installazione adsorbitore completo della carica di carbone: 1,5 volte il costo del carbone contenuto
- Parametri di dimensionamento dell'assorbitore:
  - velocità superficiale 0,3 m/s
  - tempo di contatto 10 s
  - perdita di carico 220 mm colonna H<sub>2</sub>O/m di letto
- Costo energia elettrica, assorbita per il pompaggio del flusso nell'assorbitore: 150 £/kWh
- Rendimento del ventilatore: 60 %

Soluzione B: Combustione con recupero termico



Caratteristiche

- Temperatura nel combustore: 700 °C
- Tempo di contatto: 1 s
- Temperatura massima di preriscaldamento (T<sub>2</sub>): 350 °C

Potere calorifico metanolo: 19,94 MJ/kg

Potere calorifico del combustibile ausiliario (CH<sub>4</sub>): 41,86 MJ/Nm<sup>3</sup>

Calore specifico gas da trattare (aria + CH<sub>3</sub>OH): 1,29 kJ/°C Nm<sup>3</sup>

Costo combustibile: 25 £/MJ

Costo acquisto ed installazione impianto, riferito all'unità di volume del combustore:

35.00.0      £/m<sup>3</sup> di combustore

Soluzione C): Assorbimento in acqua

- Isoterma di equilibrio metanolo – acqua:                       $y = 0,5804 x$ 
  - $y$  = frazione molare CH<sub>3</sub>OH nel gas
  - $x$  = frazione molare CH<sub>3</sub>OH nel liquido
- Si ammette valida l'ipotesi di costanza del rapporto L/G e si valuta il n° di stadi teorici assumendo un rapporto L/G pari a 1,2 volte L/G minimo
- Per il dimensionamento dell'unità di lavaggio assumere:
  - tempo di contatto    0,5 s/ stadio teorico
  - velocità specifica del gas    1,2 Nm<sup>3</sup>/ s m<sup>2</sup>
  - perdita di carico:    125 mm colonna d'acqua/stadio
  - costo energia elettrica:    150 £/ kWh
  - rendimento ventilatore:    60 %
  - costo acquisto ed installazione unità di assorbimento:      10.000.000 £/m<sup>3</sup>
  - costo trattamento acqua    2700 £/ kg di CH<sub>3</sub>OH rimosso