

## Esercitazioni Capitolo 1

1) Calcolare la potenza termica necessaria ad una centrale termoelettrica per produrre 250 MW elettrici, ipotizzando un ciclo termodinamico a gas di  $\eta = 0,37$ . Calcolare la portata di combustibile in kg/h necessaria per ottenere tale potenza termica nel caso si utilizzi:

- a) carbone    b) olio combustibile    c) gas metano

Il rendimento del ciclo termodinamico risulta:

$$\eta = \frac{P}{\Phi} \Rightarrow \Phi = \frac{P}{\eta} = \frac{250 \text{ MW}}{0,37} = 676 \text{ MW}$$

La potenza termica è data dal prodotto della portata di combustibile per il potere calorifico inferiore. Quindi si ha:

$$\Phi = G_c \cdot H_i \Rightarrow G_c = \frac{\Phi}{H_i}$$

- a) Carbone :  $H_i = 31,5 \text{ MJ/kg}$   $\Rightarrow G_c = \frac{676 \text{ MW}}{31,5 \text{ MJ/kg}} = 21,5 \text{ kg/s}$
- b) Olio combustibile:  $H_i = 41,8 \text{ MJ/kg}$   $\Rightarrow G_c = \frac{676 \text{ MW}}{41,8 \text{ MJ/kg}} = 16,2 \text{ kg/s}$
- c) Gas metano:  $H_i = 37,8 \text{ MJ/kg}$   $\Rightarrow G_c = \frac{676 \text{ MW}}{37,8 \text{ MJ/kg}} = 18 \text{ kg/s}$

2) Un forno elettrico assorbe 2 kW di potenza dalla rete. Calcolare l'energia consumata in kWh e MJ nel caso il forno resti in funzione 45 min. Calcolare quanta energia primaria è necessaria per produrre tale energia elettrica, con un rendimento globale  $\eta = 0,3$ .

L'energia consumata è data dal prodotto della potenza erogata per il tempo di funzionamento, risulta quindi:

$$E_d = P \cdot \tau = 2 \text{ kW} \cdot \frac{3}{4} \text{ h} = 1,5 \text{ kWh}$$

Ed essendo  $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$  risulta

$$E_d = 1,5 \text{ kWh} \cdot 3,6 = 5,4 \text{ MJ}$$

In base alla definizione generale di rendimento, rapporto fra l'energia utile in uscita  $E_{OUT}$  e quella consumata  $E_{IN}$ , risulta:

$$\eta = \frac{E_{OUT}}{E_{IN}} \Rightarrow E_{IN} = \frac{E_{OUT}}{\eta} = \frac{5,4 \text{ MJ}}{0,3} = 18 \text{ MJ}$$

- 3) Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale di una casa passiva è  $E_{P1} = 12 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ , mentre una normale abitazione richiede in media  $E_{P2} = 100 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ . Ipotizzando che entrambe le case siano di  $120 \text{ m}^2$  e siano alimentate a gas metano (costo metano:  $0,60 \text{ € / m}^3$ ), calcolare:
- la quantità di combustibile consumato in anno dalle due case
  - le emissioni di  $\text{CO}_2$
  - la spesa annuale per il combustibile in €

L'energia necessaria in un anno per gli appartamenti in questione ( $120\text{m}^2$ ) è rispettivamente:

$$E_1 = 12 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{anno}} \cdot 120 \text{ m}^2 = 1440 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

$$E_2 = 100 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{anno}} \cdot 120 \text{ m}^2 = 12'000 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

La portata massica e volumetrica di combustibile risultano:

$$M_{C1} = \frac{E_1}{H_1} = \frac{1440 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}}{10,5 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = 137 \frac{\text{kg}}{\text{anno}} \quad \Rightarrow \quad V_{C1} = \frac{M_{C1}}{\rho_{\text{CH}_4}} = \frac{137 \frac{\text{kg}}{\text{anno}}}{0,72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 190 \frac{\text{m}^3}{\text{anno}}$$

$$M_{C2} = \frac{E_2}{H_2} = \frac{12'000 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}}{10,5 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = 1143 \frac{\text{kg}}{\text{anno}} \quad \Rightarrow \quad V_{C2} = \frac{M_{C2}}{\rho_{\text{CH}_4}} = \frac{1143 \frac{\text{kg}}{\text{anno}}}{0,72 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = 1587,5 \frac{\text{m}^3}{\text{anno}}$$

La quantità annuale di  $\text{CO}_2$  riversata in atmosfera è data dalla seguente espressione:

$$M_{\text{CO}_2} = \%C \cdot M_C \cdot \frac{\mu_{\text{CO}_2}}{\mu_C}$$

ed essendo la percentuale di carbonio contenuta nel gas metano  $\%C = 78\%$  e  $\frac{\mu_{\text{CO}_2}}{\mu_C} = 3,66$  (rapporto tra le masse molecolari) si ha rispettivamente per la casa passiva e per la casa standard:

$$M_{\text{CO}_2} = 391 \frac{\text{kg}}{\text{anno}}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 3263 \frac{\text{kg}}{\text{anno}}$$

La spesa annuale di combustibile risulta:

$$\epsilon_1 = 0,60 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \cdot 190 \frac{\text{m}^3}{\text{anno}} = 114 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\epsilon_2 = 0,60 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \cdot 1587,5 \frac{\text{m}^3}{\text{anno}} = 952,5 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$