

Esercizi trasporto fluidi comprimibili

1

In un serbatoio cilindrico di volume $V = 15 \text{ m}^3$ contenente gas tossico alla pressione interna $p_i = 10 \text{ atm}$ si verifica improvvisamente una rottura di diametro $d = 0.05 \text{ m}$. Nell'ipotesi di efflusso adiabatico in atmosfera, determinare:

1. il tempo durante il quale il deflusso si mantiene critico;
2. il tempo necessario perchè la pressione all'interno del serbatoio raggiunga 1.1 atm .

2

Si debba trasportare lungo una linea di lunghezza L una data portata di gas disponibile alla pressione $p_0 = p_{\text{atm}}$. Anche la pressione in uscita dalla linea di trasporto deve essere pari alla pressione atmosferica.

1. Determinare la potenza teorica del compressore da collocare all'inizio della linea per effettuare il trasporto in funzione delle pressioni p_0 e p_1 , assumendo compressione isoterma e perdite viscosive e inerziali trascurabili in corrispondenza del compressore.
2. Determinare il diametro ottimo della tubazione dati il costo $C_T = k_T DL$ del tubo, il costo della stazione di compressione, $C_P = k_P P$, il costo orario della potenza elettrica, k_E , il numero di ore di esercizio per anno, H , ed il numero di anni per i quali effettuare l'ammortamento, N . Si assuma un valore costante per il fattore d'attrito nel tubo, f . Risolvere il problema per il caso di moto subsonico e determinare per quale valore del rapporto tra i costi di investimento e di esercizio può essere conveniente operare in condizioni di moto sonico.

3

Si debba trasportare un gas da un serbatoio A ad un serbatoio B al quale è collegato un tubo lungo L inclinato verso l'alto di α gradi rispetto all'orizzontale. Le pressioni p_A e p_B siano entrambe molto maggiori della pressione atmosferica, per cui la densità del gas risulta elevata. Assumendo che il trasporto sia isoterma, si chiede di determinare, date p_A e p_B , la portata tra i due serbatoi

1. nel caso che le perdite per attrito risultino trascurabili rispetto alle perdite gravitazionali (ρgh);
2. nel caso che le perdite per attrito abbiano grandezza paragonabile alle perdite gravitazionali.

4

Per estrarre gas metano ($M = 16 \text{ kg/kmole}$, $\mu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$) da un pozzo ($T = 293 \text{ K}$, $V = 100000 \text{ m}^3$, $p_o = 25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) si utilizza una tubazione di diametro $D = 0.1 \text{ m}$ lunga $L = 800 \text{ m}$.

1. Assumendo tutte le trasformazioni isoterme, determinare la portata uscente all'istante iniziale di apertura del pozzo (pressione nell'ambiente di sbocco atmosferica).
2. Per trasportare il gas al serbatoio di stoccaggio è sufficiente avere una pressione in testa pozzo pari a $1.5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Si decide di inserire lungo il tubo una valvola per la regolazione del flusso. Se la portata di gas estratta è mantenuta pari a $G = 180 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$, determinare il tempo di esaurimento del giacimento.

5

Un serbatoio cilindrico di volume pari a 10 m^3 contenente cloro gassoso ($R=8314$, $M=34$, $\mu = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$) a pressione $p = 1 \text{ MPa}$ scarica in atmosfera attraverso un condotto orizzontale di diametro $d = 0.05 \text{ m}$ lungo 50 m . Ipotizzando tutte le trasformazioni isoterme a $T = 293 \text{ K}$

1. Calcolare il tempo durante il quale il deflusso rimane critico;
2. Calcolare il tempo durante il quale il deflusso rimarrebbe critico se il serbatoio scaricasse direttamente in atmosfera (attraverso un condotto di lunghezza trascurabile di diametro $d = 0.05 \text{ m}$).

Il metanodotto rappresentato in Figura 1 ($M_{CH_4} = 16 \text{ kg/kmole}$, $R = 8314 \text{ J/kmole K}$) è costituito da tratti di tubazione di diametro $D = 0.2 \text{ m}$ lunghi 10 km e da stazioni di compressione. Il coefficiente di attrito è pari a $f = 0.003$.

1. Supponendo che nel metanodotto la pressione non debba mai scendere sotto il valore $1.2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, si calcoli la pressione alla quale ogni stazione di compressione deve portare il gas per garantire una portata $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ a temperatura 293 K e pressione $1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Si ipotizzi il flusso isoterma.
2. Calcolare la potenza del compressore. Si ipotizzi la compressione adiabatica.
3. A causa di un incidente, si apre un foro di sezione $A = 10 \text{ cm}^2$ a distanza $L = 9.8 \text{ km}$ a valle del compressore. Determinare la portata in uscita dalla rottura.

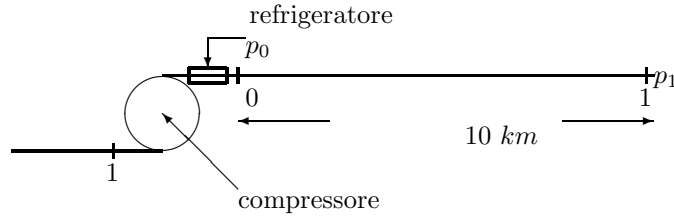


Figura 1: Schema di un tratto del metanodotto.

Un serbatoio di gas naturale ($M = 16 \text{ kg/kmole}$) di volume $V = 10 \text{ m}^3$ è collegato attraverso una condotta lunga $L = 100 \text{ m}$ di diametro $D = 5 \text{ cm}$ ad un bruciatore a pressione atmosferica. Inizialmente la valvola V che collega la condotta al bruciatore è chiusa, la pressione nel serbatoio è $p_0 = 8 \text{ atm}$ e la temperatura è $T = 25^\circ\text{C}$.

1. Determinare il flusso specifico G uscente dal serbatoio nel momento in cui viene aperta la valvola V considerando la trasformazione del gas lungo il tubo isoterma e assumendo $f = 0.003$.
2. Determinare quanto dura la fase di efflusso sonico.
3. Determinare la massa di gas che è uscita in questo tempo.

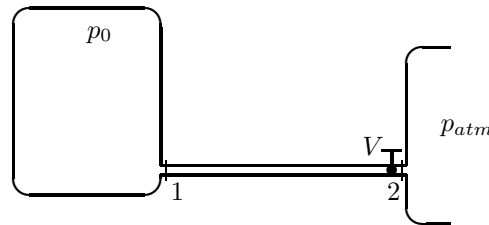


Figura 2: Schema dell'impianto a gas.

Un serbatoio di gas (volume $V = 1000 \text{ m}^3$) è alimentato da una portata costante $w_{in} = 2.5 \text{ kg/s}$ di gas naturale (massa molare $M = 16 \text{ kg/kmole}$) che viene inviato attraverso un condotto di diametro $D = 0.1 \text{ m}$ e lungo $L = 800 \text{ m}$ in un bruciatore che funziona a pressione atmosferica e $T = 298 \text{ K}$.

1. Determinare il valore della pressione nel serbatoio nelle condizioni di funzionamento a stazionario ipotizzando trasformazioni isoterme e coefficiente di attrito $f = 0.003$;

2. Durante periodiche operazioni di manutenzione del bruciatore l'alimentazione lungo il condotto viene interrotta chiudendo una valvola, mentre il gas continua ad essere alimentato al serbatoio aumentandone la pressione. Una valvola di sicurezza evita che la pressione salga oltre le 25 *atm*. Determinare il tempo per l'apertura della valvola;
3. Determinare la portata specifica di gas uscente dalla valvola di sicurezza all'apertura.