

# ESERCIZI di IDRODINAMICA - liquidi REALI

(svolti anche col programma IDRAULICA\_1B.xls -CD 3chimica-In appendice tab perdite localizzate -)

versione#B1 - Prof. A.Tonini- [www.andytonini.com](http://www.andytonini.com)

**INDICE:** [N°REYNOLDS](#) – [TEOR.BERNOULLI E PERDITE DI CARICO](#) – [APPENDICI](#) -

## 1. MOTO DI LIQUIDI REALI – N°Re -

Es.A - N°REYNOLDS [N.B.:  $1\text{cp} \equiv 1 \cdot 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ]

Dato il liquido con le seguenti caratteristiche:

$\rho=0,9 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\mu= 3 \text{ cp}$ ; portata  $F=300 \text{ dm}^3/\text{min}$ ; diametro tubo  $d=4\text{cm}$ ; determinare N° Re e tipo di moto.

Soluzione:

variazione unità:  $\rho= 900 \text{ kg/m}^3$ ;  $\mu=0,003 \text{ kg/m} \cdot \text{s} = \text{Pa} \cdot \text{s}$ ;  $F=0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $d=0,04\text{m}$ ;

$\rightarrow v=4F/(3,14 \cdot d^2) = 4 \text{ m/s}$ ;  $\rightarrow Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 48000$  moto turbolento.

Es.B - N°REYNOLDS-

determinare il N° Re e il tipo di moto in un tubo di diametro  $d=300 \text{ mm}$  nei casi indicati:

1 – acqua  $\rho= 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $v= 1 \text{ m/s}$ ;  $\mu = 1\text{cp} = 0,001 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$

2 – olio  $\rho=850 \text{ kg/m}^3$ ;  $v= 1\text{m/s}$ ;  $\mu= 15\text{cp} = 0,015 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$

Soluzione:

Caso 1:  $\rightarrow Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 300000$  moto turbolento; Caso 2:  $\rightarrow Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 17000$ , turbolento.

\*Es. C - N°REYNOLDS

Dato il liquido con le seguenti caratteristiche:

$\rho=0,92 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\mu= 4 \text{ cp}$ ; portata  $F=300 \text{ dm}^3/\text{min}$ ; diametro tubo  $d=4\text{cm}$ ; determinare N° Re e tipo di moto.

Soluzione:

variazione unità:  $\rho= 920 \text{ kg/m}^3$ ;  $\mu=0,004 \text{ kg/m} \cdot \text{s} = \text{Pa} \cdot \text{s}$ ;  $\rightarrow F=0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $d=0,04\text{m}$ ;

$\rightarrow v=4F/(3,14 \cdot d^2) \cong 4 \text{ m/s}$ ;  $\rightarrow Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 36800$  moto turbolento.

[[INDICE](#)]

## 2. BERNOULLI LIQUIDI REALI

N.B.:  $\text{atm} \times 101,325 = \text{kPa}$  – in [appendice](#) tabella PERDITE LOCALIZZATE/CONCENTRATE –

$z_1 + p_1/\gamma + v_1^2/2g = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma Y_{\text{tot}}$  –  $1\text{Kgf/m}^3 \cong 9,8\text{N/m}^3$  –  $\mu=1\text{cp}=1 \cdot 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$  -

\*Es.A

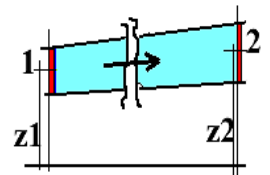
Dati: tubazione orizzontale, liquido acqua, stesso diametro;  $p_2=200\text{kPa}$ ;

perdite di carico 1-2 = 5m c.liq.; determinare  $p_1$ .

Soluzione:

$z_1 + p_1/\gamma + v_1^2/2g = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma Y_{\text{tot}}$ ;  $v_1^2/2g = v_2^2/2g$ ;  $z_1=z_2$ ;

$\rightarrow p_1/\gamma = p_2/\gamma + \Sigma Y = 200000/9800 + 5 = 25,41 \text{ m}$ ;  $p_1 = 249 \text{ kPa}$ .



\* Es.B

Dati: tubazione orizzontale, liquido acqua ( $\gamma=9800\text{N/m}^3$ ;  $\mu=1\text{cp}=1 \cdot 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ),  $v=3,14\text{m/s}$ ;  $L \text{ tubo} = 100\text{m}$ ;  $d=4 \text{ cm}$ ; determinare perdite di carico.

Soluzione:

$Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 125600$ ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,017$ ;  $Y_{\text{distr.}} = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 21,38\text{m}$ .

\*Es.C

Dati: tubazione orizzontale acqua  $\mu=1\text{cp}=1 \cdot 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ,  $\gamma=1000\text{kg/m}^3 = 9800\text{N/m}^3$ ,  $d=8\text{cm}$ ,  $L=2 \text{ Km}$ ,  $Q=600\text{dm}^3/\text{min}$ ,  $p_{\text{finale}} 300 \text{ kPa}$  ( $p_2$ ); determinare  $p_1$ .

Soluzione:

$Q= 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $v=4Q/\pi d^2 = 1,99 \text{ m/s}$ ;  $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 159200$ ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,016$ ;  $Y_{\text{distr.}} = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 80,8\text{m}$ .

$\rightarrow p_1/\gamma = p_2/\gamma + \Sigma Y = 300000/9800 + 80,8 = 111,41 \text{ m}$ ;  $p_1 = 1092\text{kPa}$ .

**\*Es.D**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | L m | Visc cp | D cm | Q m <sup>3</sup> /s | V disco aperte | Curve med. ragg. |
|--------------------------|-----|---------|------|---------------------|----------------|------------------|
| 900                      | 100 | 1,2     | 4    | 0,002               | 2              | 3                |

Determinare: perdite distribuite, perdite concentrate,

**Soluzione:** [vedi **appendice** tabelle leq/d]

$$v=4Q/\pi d^2= 1,59 \text{ m/s}; Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 47700; f=0,316/Re^{0,25}=0,021; leq/d = 2 \cdot 400 + 3 \cdot 30= 890\text{m [da tab]}$$

$$Y_{tot}= f \cdot [L/d+leq/d] v^2/2g = 9,2\text{m}$$

**\*Es.E**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 kPa | Z1 m | d cm | Z2 m | Q dm <sup>3</sup> /min | Visc cp | Curv medio rag | L m |
|--------------------------|--------|------|------|------|------------------------|---------|----------------|-----|
| 1000                     | 500    | 5    | 6    | 0    | 200                    | 1       | 5              | 500 |

Determinare: pressione finale (caso ideale), perdite distribuite, perdite concentrate, pressione finale (caso reale).

**Soluzione:**  $Q=200\text{dm}^3/\text{min} = 0,0033\text{m}^3/\text{s}; v=4Q/\pi d^2= 1,18\text{m/s}; \mu=1\text{cp}=1 \cdot 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}, \gamma=1000\text{kg}/\text{m}^3 = 9800\text{N}/\text{m}^3;$

1) Liq.ideali:  $z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma; \rightarrow p_2/\gamma = z_1 - z_2 + p_1/\gamma = 5+500000/9800=56\text{m}; p_2=549\text{kPa}.$

2) Liq.reali:  $z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma + \Sigma Y;$

$$Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu = 70800; f=0,316/Re^{0,25}=0,019; leq/d = 5 \cdot 30= 150\text{m [da tab]};$$

$$\Sigma Y_{tot} = f \cdot [L/d+leq/d] v^2/2g = 11,45\text{m}; \rightarrow p_2/\gamma = z_1 - z_2 + p_1/\gamma - \Sigma Y = 44,57\text{m}; p_2=436,8\text{kPa}.$$

**Es.1**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 880                      | 2,2     | 10   | 0,8          | 16           |               | 9420                   |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/4 | Curv larg rag | Raccord a T            |
|                          | 2,1     | 2,7  | 5            | 5            | 6             | 5                      |

Determinare: diametro, perdite distribuite, perdite concentrate, pressione finale

Soluzione:

$$Q=(\text{dm}^3/\text{min})/60000=0,157 \text{ m}^3/\text{s}; D=\text{RADQ}(4Q/(3,14 v))=0,5\text{m}; p_1=[\text{atm} \times 101,325]=222,915 \text{ kPa}; \text{visc}=0,0021\text{Kg}/\text{ms};$$

$$Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ; f=0,316/Re^{0,25}=0,0156; Leq \text{ Tot}=447,5\text{m}; Y_c = f \cdot [L/d] v^2/2g = 2,75\text{m}; Y_{loc}=0,46;$$

$$p_2 = (z_1 + P_1/\gamma - z_2 - \Sigma Y_{tot}) \times \gamma = 143,43\text{kPa};$$

**Es.2**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1210                     | 6,1     |      | 1,6          | 25,73        | 3,9           |                        |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/2 | Curv larg rag | Sarac ch 1/4           |
| 200                      | 1       | 1,41 | 3            | 2            | 6             | 4                      |

Determinare: portata ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota iniziale

Soluzione:

$$Q= v \cdot 3,14 D^2/4=0,0502\text{m}^3/\text{s}; p_1=618,083\text{kPa}; \text{visc}=0,001\text{Kg}/\text{ms}; p_2=[\text{atm} \times 101,325]=395,17\text{kPa}; Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ;$$

$$f=0,316/Re^{0,25}=0,0127; Leq \text{ Tot}=176; Y_c = f \cdot [L/d] v^2/2g = 11,64\text{m}; Y_{loc} = f \cdot [\Sigma (Leq/d)] v^2/2g = 1,45\text{m};$$

$$z_1 = z_2 + P_2/\gamma + \Sigma Y_{tot} - P_1/\gamma = 20,04\text{m};$$

**Es.3**

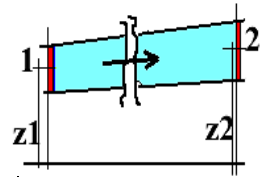
Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm         | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| 950                      |         | 3    |              | 8,6          | 3,30           | 2650                   |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/2 | Curv larg. rag | Sarac ch 1/4           |
| 150                      | 2       | 1,55 | 3            | 2            | 6              | 4                      |

Determinare: velocità ,perdite distribuite, perdite concentrate, pressione iniziale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,0442m^3/s; v=4 Q/(3,14 D^2)=2,5m/s; \text{visc}=0,002Kg/ms; p_2=[atm \times 101,325]=334,37kPa;$   
 $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ; f=0,316/Re^{0,25}=0,0154; LeqTot=132m; Y_c = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 50,72m; Y_{loc} = f \cdot [\Sigma(Leq/d)] \cdot v^2/2g = 4,32m;$   
 $p_1 = (z_2 + p_2/\gamma + \Sigma Y_{tot} - z_1) \times \gamma = 899,54kPa$



**Es.4**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1050                     | 8       | 21   | 2,25         |              | 1,7           | 6620                   |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/4 | Curv medi rag | Sarac ap               |
|                          | 3       | 3,5  | 4            | 4            | 15            | 10                     |

Determinare: diametro ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota finale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,11033m^3/s; D=RADQ(4Q/(3,14 v))=0,25m; \text{visc}=0,003Kg/ms; p_1=[atm \times 101,325]=810,6kPa;$   
 $p_2=172,25kPa; Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ; f=0,316/Re^{0,25}=0,015; LeqTot=280m; Y_c = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 54,14m;$   
 $Y_{loc} = f \cdot [\Sigma(Leq/d)] \cdot v^2/2g = 4,34m;$   
 $z_2 = z_1 + P_1/\gamma - (P_2/\gamma + \Sigma Y_{tot}) = 24,495m;$

**Es.5**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm         | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| 750                      | 4,9     | 2,2  | 1            |              | 4              |                        |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/4 | Curv larg. rag | Racc. a T              |
| 300                      | 1,5     | 1,3  | 4            | 3            | 10             | 8                      |

Determinare: portata ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota finale

Soluzione:

$Q = v \cdot 3,14 D^2/4 = 0,0707m^3/s; \text{visc}=0,0015Kg/ms; p_1=496,493kPa; p_2=[atm \times 101,325]=405,3kPa; Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ;$   
 $f=0,316/Re^{0,25}=0,0161; LeqTot=259,5m; Y_c = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 3,55m; Y_{loc} = f \cdot [\Sigma(Leq/d)] \cdot v^2/2g = 0,71m;$   
 $z_2 = z_1 + P_1/\gamma - (P_2/\gamma + \Sigma Y_{tot}) = 10,34m;$

**Es.6**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1110                     | 4       |      |              | 31           | 2             | 2880                   |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/2 | Curv larg rag | Sarac ch 1/4           |
| 350                      | 2,1     | 2,5  | 5            | 5            | 8             | 3                      |

Determinare: velocità ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota iniziale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,048m^3/s; v=4 Q/(3,14 D^2)=0,5m/s ; \text{visc}=0,0021Kg/ms; p_1=[atm \times 101,325]=405,3kPa;$   
 $p_2=202,65kPa; Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ; f=0,316/Re^{0,25}=0,0181; LeqTot=547,75m; Y_c = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 1,64m;$   
 $Y_{loc} = f \cdot [\Sigma(Leq/d)] \cdot v^2/2g = 0,36m;$   
 $z_1 = z_2 + P_2/\gamma + \Sigma Y_{tot} - P_1/\gamma = 14,4m;$

**Es.7**

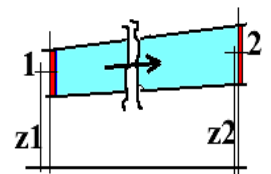
Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1200                     | 6       | 2    | 2            | 6            |               |                        |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 1/2 | Curv larg rag | Sarac ch 1/4           |
| 300                      | 1       | 4,1  | 3            | 2            | 6             | 4                      |

Determinare: portata ,perdite distribuite, perdite concentrate, pressione finale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,1413 m^3/s; p_1=[atm \times 101,325]=607,95 kPa; \text{visc}=0,001Kg/ms;$   
 $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu ; f=0,316/Re^{0,25}=0,0108; Leq Tot=264 m; Y_c = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 30,23m; Y_{loc}=1,95m;$   
 $p_2 = (z_1 + P_1/\gamma - z_2 - \Sigma Y_{tot}) \times \gamma = 182,11kPa;$



**Es.8**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m  | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|-------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1050                     | 4       | 1     |              | 12,8         |               | 945                    |
| D mm                     | Visc cp | L km  | V rit.aperte | Sarac aperta | Curv larg rag | Sarac ch 1/4           |
| 100                      | 1,5     | 0,350 | 2            | 5            | 4             | 1                      |

Determinare: velocità ,perdite distribuite, perdite concentrate, pressione finale

Soluzione:

$Q=(\text{dm}^3/\text{min})/60000=0,01575 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $v=4 Q/(3,14 D^2)=2 \text{ m/s}$ ;  $p_1=[\text{atm} \times 101,325]=405,3 \text{ kPa}$ ;  $\text{visc}=0,0015 \text{ Kg/ms}$ ;  
 $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,0163$ ;  $Leq \text{ Tot}=38 \text{ m}$ ;  $Yc= f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g =11,72\text{m}$ ;  $Yloc=1,27\text{m}$ ;  
 $p_2 = (z_1 + P_1/\gamma - z_2 - \Sigma \gamma_{tot}) \times \gamma =149,9 \text{ kPa}$ ;

**Es.9**

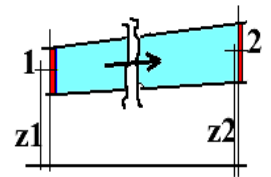
Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m  | V m/s        | Z2 m         | P2 atm         | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|-------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| 1500                     | 2,48    | 1     | 1            |              | 1,71           |                        |
| D mm                     | Visc cp | L km  | V rit.aperte | Sarac ch 1/4 | Curv medio rag | sarac.aperta           |
| 150                      | 2       | 0,250 | 1            | 2            | 4              | 6                      |

Determinare: portata ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota finale

Soluzione:

$Q= v \cdot 3,14 D^2/4=0,0177\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\text{visc}=0,002\text{Kg/ms}$ ;  $p_1=251,286\text{kPa}$ ;  $p_2=[\text{atm} \times 101,325]=172,91\text{kPa}$ ;  $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  
 $f=0,316/Re^{0,25}=0,0172$ ;  $Leq \text{ Tot}=55,2\text{m}$ ;  $Yc= f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g =1,47\text{m}$ ;  $Yloc= f \cdot [\Sigma(\text{Leq}/d)] \cdot v^2/2g =0,33\text{m}$ ;  
 $z_2= z_1 + P_1/\gamma - (P_2/\gamma + \Sigma \gamma_{tot})=4,53\text{m}$ ;



**Es.10**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m  | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|-------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 950                      |         | 3     | 1            | 12           | 2,47          | 7500                   |
| D mm                     | Visc cp | L km  | V rit.aperte | Sarac ch 1/2 | Curv med. rag | Sarac apert            |
|                          | 2,5     | 0,800 | 3            | 2            | 6             | 5                      |

Determinare: diametro ,perdite distribuite, perdite concentrate, pressione iniziale

Soluzione:

$Q=(\text{dm}^3/\text{min})/60000=0,125\text{m}^3/\text{s}$ ;  $D=\text{RADQ}(4Q/(3,14 v))=0,400 \text{ m}$ ;  $\text{visc}=0,0025\text{Kg/ms}$ ;  $p_2=[\text{atm} \times 101,325]=250,32\text{kPa}$ ;  
 $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,016$ ;  $Leq \text{ Tot}=346\text{m}$ ;  $Yc= f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g =1,62\text{m}$ ;  $Yloc= f \cdot [\Sigma(\text{Leq}/d)] \cdot v^2/2g =0,7\text{m}$ ;  
 $p_1= (z_2 + p_2/\gamma + \Sigma \gamma_{tot} - z_1) \times \gamma = 355,8\text{kPa}$

**Es.11**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 950                      | 4       |      | 0,8          | 18           | 2,3           |                        |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac aperta | Curv larg rag | Sarac ch 1/4           |
| 600                      | 3       | 2    | 4            | 8            | 5             | 3                      |

Determinare: portata ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota iniziale

Soluzione:

$Q= v \cdot 3,14 D^2/4=0,2261\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\text{visc}=0,003\text{Kg/ms}$ ;  $p_1=[\text{atm} \times 101,325]=405,3\text{kPa}$ ;  $p_2=233,\text{kPa}$ ;  $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  
 $f=0,316/Re^{0,25}=0,016$ ;  $Leq \text{ Tot}=425,4\text{m}$ ;  $Yc= f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g =1,74\text{m}$ ;  $Yloc= f \cdot [\Sigma(\text{Leq}/d)] \cdot v^2/2g =0,37\text{m}$ ;  
 $z_1= z_2 + P_2/\gamma + \Sigma \gamma_{tot} - P_1/\gamma =1,63\text{m}$ ;

**Es.12**

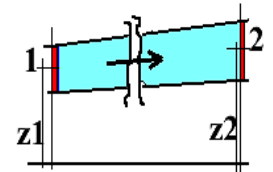
Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m  | V m/s        | Z2 m         | P2 atm         | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|-------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| 1000                     | 2,75    | 1     | 0,53         | 6            |                | 250                    |
| D mm                     | Visc cp | L km  | V rit.aperte | Sarac aperta | Curv medio rag | Sarac ch 1/4           |
|                          | 3       | 0,500 | 5            | 10           | 20             | 5                      |

Determinare: diametro ,perdite distribuite, perdite concentrate, pressione finale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,00417 m^3/s$ ;  $D=RADQ(4Q/(3,14 v))=0,1m$  ;  $p_1=[atm \times 101,325]=278,644 kPa$ ;  $visc=0,003Kg/ms$ ;  
 $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,0274$ ;  $Leq Tot=140,5 m$ ;  $Yc = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 1,97m$ ;  $Yloc=0,55m$ ;  
 $p_2 = (z_1 + P_1/\gamma - z_2 - \Sigma \gamma_{tot}) \times \gamma = 204,83kPa$ ;



**Es.13**

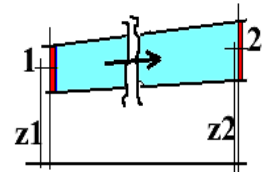
Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m         | P2 atm         | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| 1300                     | 6       | 0,4  |              |              | 1,5            | 301,5                  |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | Sarac ch 3/4 | Curv larg. rag | sarac.aperta           |
| 80                       | 3,2     | 1,1  | 3            | 1            | 20             | 10                     |

Determinare: velocità ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota finale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,005 m^3/s$ ;  $v=4 Q/(3,14 D^2)=1m/s$ ;  $visc=0,0032Kg/ms$ ;  $p_1=607,95kPa$ ;  
 $p_2=[atm \times 101,325]=151,82kPa$ ;  $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,0236$ ;  $LeqTot=138,4m$ ;  $Yc = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 16,36m$ ;  $Yloc = f \cdot [\Sigma(L/d)] \cdot v^2/2g = 2,06m$ ;  
 $z_2 = z_1 + P_1/\gamma - (P_2/\gamma + \Sigma \gamma_{tot}) = 17,75m$ ;



**Es.14**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m  | V m/s        | Z2 m         | P2 atm        | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|-------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 900                      | 4,5     |       | 0,8          | 18,5         | 2,8           |                        |
| D mm                     | Visc cp | L km  | V rit.aperte | Sarac aperta | Curv larg rag | Sarac ch 1/4           |
| 400                      | 2,5     | 0,400 | 5            | 10           | 5             | 5                      |

Determinare: portata ,perdite distribuite, perdite concentrate, quota iniziale

Soluzione:

$Q = v \cdot 3,14 D^2/4 = 0,1005 m^3/s$ ;  $visc=0,0025Kg/ms$ ;  $p_1=[atm \times 101,325]=455,963kPa$ ;  $p_2=283,21kPa$ ;  $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  
 $f=0,316/Re^{0,25}=0,0172$ ;  $LeqTot=362m$ ;  $Yc = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 0,56m$ ;  $Yloc = f \cdot [\Sigma(L/d)] \cdot v^2/2g = 0,51m$ ;  
 $z_1 = z_2 + P_2/\gamma + \Sigma \gamma_{tot} - P_1/\gamma = 0 m$ ;

**Es.15**

Date le caratteristiche seguenti dell'impianto e del fluido trasportato:

| $\rho$ Kg/m <sup>3</sup> | P1 atm  | Z1 m | V m/s        | Z2 m     | P2 atm         | Q dm <sup>3</sup> /min |
|--------------------------|---------|------|--------------|----------|----------------|------------------------|
| 950                      | 5       | 1    | 2            | 1        | 4              | 15075                  |
| D mm                     | Visc cp | L km | V rit.aperte | racc a T | Curv larg. rag | Sarac apert            |
|                          | 1       | 1,5  | 2            | 2        | 1              | 2                      |

Determinare: diametro ,perdite distribuite, perdite concentrate, pressione iniziale

Soluzione:

$Q=(dm^3/min)/60000=0,25125m^3/s$ ;  $D=RADQ(4Q/(3,14 v)) = 0,4 m$ ;  $visc=0,001Kg/ms$ ;  $p_2=[atm \times 101,325]=405,3kPa$ ;  
 $Re = (\rho \cdot v \cdot d)/\mu$  ;  $f=0,316/Re^{0,25}=0,0107$ ;  $LeqTot=114,4m$ ;  $Yc = f \cdot [L/d] \cdot v^2/2g = 8,19m$ ;  $Yloc = f \cdot [\Sigma(L/d)] \cdot v^2/2g = 0,62m$ ;  
 $p_1 = (z_2 + p_2/\gamma + \Sigma \gamma_{tot} - z_1) \times \gamma = 487,4kPa$

**\*Es.G**

Tubazione orizzontale, regime permanente, coi seguenti dati:

liquido:  $\rho = 850 \text{ Kg/m}^3$   $\gamma = 8330 \text{ N/m}^3$ ;  $Q = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $\mu = 1,2 \text{ cp}$ ;

tratto 1-1':  $d = 4 \text{ cm}$ ;  $L_1 = 50 \text{ m}$ ;  $z_1 = 0$ ; 1 saracinesca ap.; 6 curve medio raggio;

tratto 1'-2' allargamento:  $\Sigma Y_{1'-2'} = 0,25 \text{ m}$ ;

tratto 2'-2:  $d = 6 \text{ cm}$ ;  $L_2 = 20 \text{ m}$ ;  $z_2 = 0$ ; 1 saracinesca ap. 1/2; 3 curve medio raggio;

determinare la differenza di pressione  $\Delta p_{1-2}$ . [vedi tabella **appendice** leq/d]

Soluzione:  $z_1 + p_1/\gamma + v_1^2/2g = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma Y_{\text{tot}}$ ;  $\rightarrow \Delta p_{1-2}/\gamma = -v_1^2/2g + v_2^2/2g + \Sigma Y_{\text{tot}}$ ;  $\Sigma Y_{\text{tot}} = \Sigma Y_{1-1'} + \Sigma Y_{1'-2'} + \Sigma Y_{2'-2}$ ;

tratto 1-1':  $v_1 = 4 Q/\pi d_1^2 = 3,98 \text{ m/s}$ ;  $Re = (\rho \cdot v_1 \cdot d_1)/\mu = 112767$ ;  $f_1 = 0,316/Re^{0,25} = 0,017$ ;

$leq/d_1 = 13 + 6 \cdot 30 = 193$ ;  $\Sigma Y_{1-1'} = f_1 [L_1/d_1 + leq/d_1] v_1^2/2g = 19,8 \text{ m}$ ;

tratto 2'-2:  $v_2 = 4 Q/\pi d_2^2 = 1,77 \text{ m/s}$ ;  $Re = (\rho \cdot v_2 \cdot d_2)/\mu = 75225$ ;  $f_2 = 0,316/Re^{0,25} = 0,019$ ;

$leq/d_2 = 160 + 3 \cdot 30 = 250$ ;  $\Sigma Y_{2'-2} = f_2 [L_2/d_2 + leq/d_2] v_2^2/2g = 1,77 \text{ m}$ ;

$\Sigma Y_{\text{tot}} = \Sigma Y_{1-1'} + \Sigma Y_{1'-2'} + \Sigma Y_{2'-2} = 19,8 + 0,25 + 1,77 = 21,82 \text{ m}$ ;

$\rightarrow \Delta p_{1-2}/\gamma = -v_1^2/2g + v_2^2/2g + \Sigma Y_{\text{tot}} = -0,81 + 0,16 + 21,82 = 21,17 \text{ m}$ ;  $\rightarrow \Delta p_{1-2} = 176,3 \text{ kPa}$

[**INDICE**]

**APPENDICE:****TABELLA PERDITE LOCALIZZATE**

Formula:

$$Y_{\text{loc}} = f \cdot [\Sigma (\text{Leq}/D)] \cdot v^2/2g$$

$$f = 0,316/Re^{0,25}$$

Perdite localizzate

| Tipo di perdita                         | Leq/D |
|---|-------|
| Saracinesca chiusa per 3/4              | 900   |
| Valvola di fondo con filtro             | 420   |
| Valvola a disco aperta                  | 400   |
| Valvola a disco a squadra aperta        | 200   |
| Saracinesca chiusa 1/2                  | 160   |
| Valvola di ritegno a sfera              | 150   |
| Valvola di ritegno completamente aperta | 100   |
| Curva doppia a 180°                     | 50    |
| Saracinesca chiusa 1/4                  | 35    |
| Curva a 90° a medio raggio              | 30    |
| Curva a 90° a largo raggio              | 20    |
| Valvola a farfalla aperta               | 20    |
| Raccordo a T a flusso dritto            | 20    |
| Saracinesca aperta                      | 13    |
| Restringimento di sezione a 1/2         | 13    |
| Restringimento di sezione a 3/4         | 8     |

**TABELLE UNITA' DI MISURA:****Volume**

|                       |                           |   |
|-----------------------|---------------------------|---|
| metro cubo            | $\text{m}^3$              | $1 \text{ m}^3 = 1'000 \text{ dm}^3$                    |
| decimetro cubo; litro | $\text{dm}^3$             | $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l} = 0,001 \text{ m}^3$      |
| centimetro cubo       | $\text{cm}^3, \text{ cc}$ | $1 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ l}$ |

**Pressione - Forza/Superficie**

|                                       |                         |  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|
| pascal                                | Pa                      | $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ kPa} = 0,01 \text{ bar} = 0,1 \text{ N/cm}^2 = 0,10 \text{ mH}_2\text{O}$<br>$= 7,5 \text{ mmHg} = 0,0099 \text{ atm}$          |
| bar                                   | bar                     | $1 \text{ bar} = 100'000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1,0197 \text{ kg/cm}^2 = 10,198 \text{ mH}_2\text{O}$<br>$= 750 \text{ mmHg} = 0,987 \text{ atm}$                  |
| millibar                              | mbar                    | $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 0,010 \text{ mH}_2\text{O} = 0,750 \text{ mmHg} = 0,00102 \text{ kg/cm}^2$  |
| millimetri di mercurio                | $\text{mm}_{\text{Hg}}$ | $1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa} = 0,133 \text{ kPa} = 0,00133 \text{ bar} = 0,0136 \text{ mH}_2\text{O} = 0,00131 \text{ atm} = 0,00136 \text{ kg/cm}^2$              |
| atmosfera tecnica = $\text{kgf/cm}^2$ | at, $\text{kg/cm}^2$    | $1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 735,56 \text{ mmHg} = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 98066,50 \text{ Pa}$<br>$= 98,067 \text{ kPa} = 0,981 \text{ bar} = 0,968 \text{ atm}$ |

|                                     |                                   |  |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>atmosfera metrica</b>            | atm                               | 1 atm = 101'325 Pa = 760 mmHg = 1,033 at = 10,33 mH2O = 1,01 bar   |
| <b>metri colonna d'acqua</b>        | m <sub>H2O</sub>                  | 1 mH2O = 9806 Pa = 0,09806 bar = 73,55 mmHg = 0,9806 N/cm <sup>2</sup><br>= 0,09678 atm = 0,0999 at                  |
| <b>Portata in Volume</b>            |                                   |  |
| <b>metri cubi al sec.</b>           | m <sup>3</sup> /s                 | 1 m <sup>3</sup> /s = 60 m <sup>3</sup> /min = 3'600 m <sup>3</sup> /ora = 1'000 l/s = 60'000 l/min                  |
| <b>metri cubi al min.</b>           | m <sup>3</sup> /min               | 1 m <sup>3</sup> /min = 0,0167 m <sup>3</sup> /s = 60 m <sup>3</sup> /h = 16,67 l/s = 1'000 l/min                    |
| <b>metro cubo all'ora</b>           | m <sup>3</sup> /h                 | 1 m <sup>3</sup> /h = 0,000278 m <sup>3</sup> /s = 0,0167 m <sup>3</sup> /min = 0,28 l/s = 16,67 l/min               |
| <b>litri al secondo</b>             | l/s                               | 1 l/s = 0,001 m <sup>3</sup> /s = 0,06 m <sup>3</sup> /min = 3,6 m <sup>3</sup> /h = 60 l/min                        |
| <b>litri al minuto</b>              | l/min                             | 1 l/min = 0,001 m <sup>3</sup> /min = 0,06 m <sup>3</sup> /h = 0,0167 l/s  |
| <b>Velocità</b>                     |                                   |  |
| <b>metri al secondo</b>             | m/s                               | 1 m/s = 60 m/min = 3,6 km/h  |
| <b>kilometri all'ora</b>            | km/h                              | 1 km/h = 0,278 m/s = 16,67 m/min   |
| <b>metri al minuto</b>              | m/min                             | 1 m/min = 0,0167 m/s = 0,06 km/h   |
| <b>Forza</b>                        |                                   |  |
| <b>Newton</b>                       | N                                 | 1 N = 0,102 kg <sub>f</sub> = 0,0001 t   |
| <b>Kg. forza; kg. peso</b>          | kg <sub>f</sub> ; kg <sub>p</sub> | 1 kg <sub>f</sub> = 9,81 N = 0,001   |
| <b>tonnellata peso</b>              | t                                 | 1 t = 9'806,65 N = 1'000 kg <sub>f</sub>   |
| <b>Densità = Massa/volume</b>       |                                   |  |
| <b>kg<sub>m</sub> su metro cubo</b> | kg/m <sup>3</sup>                 | 1 kg/m <sup>3</sup> = 0,001 kg/dm <sup>3</sup> = 0,001 t/m <sup>3</sup> = 0,001 g/cm <sup>3</sup>                    |
| <b>kg su decimetro cubo</b>         | kg/dm <sup>3</sup>                | 1 kg/dm <sup>3</sup> = 1'000 kg/m <sup>3</sup> = 0,001 g/cm <sup>3</sup> = 1 t/m <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup>  |
| <b>tonnellata su metro cubo</b>     | t/m <sup>3</sup>                  | 1 t/m <sup>3</sup> = 1'000 kg/m <sup>3</sup> = 1 kg/dm <sup>3</sup> = 0,001 kg/cm <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup> |
| <b>Peso specifico = Peso/volume</b> |                                   |  |
| <b>kg<sub>f</sub> su metro cubo</b> | kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup>   | 1 kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup> = 9,81 N/m <sup>3</sup>  |
| <b>N su metro cubo</b>              | N/m <sup>3</sup>                  | 1 N/m <sup>3</sup> = 0,102 kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup>   |

[\[INDICE\]](#)