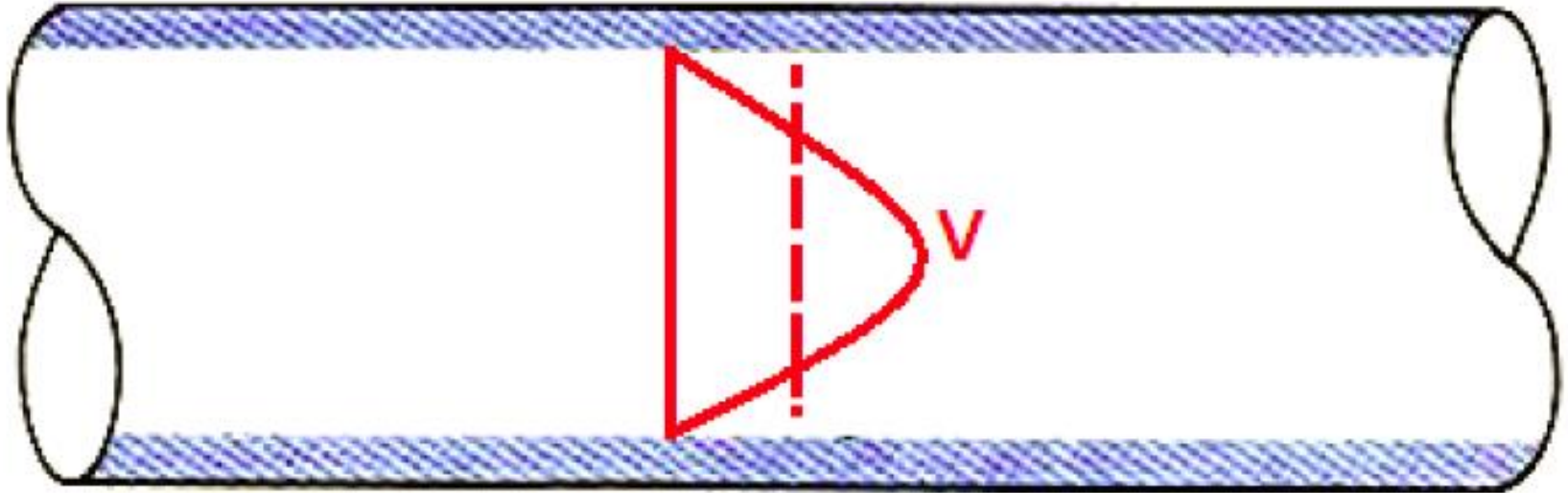


אובדני אנרגיה במערכות הובלת נוזלים

# דרכי אובדן

- חיכוך : חיספוס צנרת, צנרת אינה עונה לדרישות ספיקה
- מפלי לחץ נקודתיים: מגופים, חיבורים וכו'
- דליפות

# תנועה בצינור



התפלגות מהירויות הזרימה בפרופיל הצינור

- התפלגות לא-אחידה בפרופיל מהירות גורם לחיכוך בין שכבות הנוזל
- בין נוזל לדופו קיימת שכבת מעבר בה עלולים להתפתח זרמי סחרור מקומי, הגורמים להפסדי אנרגיה

## מספר ריינולדס ומשטרי זרימה

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} = \frac{v L}{\nu}$$

- בצינור בעל קוטר D במספרי ריינולדס מתחת ל-2300 הזרימה לאמינרית, מעל ל-4000 זרימה טורבולנטית ובתחום הביניים מתקיים משטר זרימה מעורב

## מקדם האגן-ווייליאמס

$$\Delta h_l^s = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \qquad \lambda = \frac{64}{\text{Re}}$$

- באופן כללי אובדן העומד יחסי לריבוע מהירות הזרימה, אך בחישובים הנדסיים נהוג להשתמש בקירוב אמפירי הבא:

$$h_f = K_u \cdot \left( \frac{Q}{C_{H-W}} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}}$$

Table 1: Values of Hazen-Williams coefficient for clean new pipes of different materials

| Pipe material                                                  | CH-W value for pipes in mm |        |        |        |        |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                                                | 75                         | 150    | 300    | 600    | 1200   |
| Uncoated cast iron                                             | 121                        | 125    | 130    | 132    | 134    |
| Coated cast iron                                               | 129                        | 133    | 138    | 140    | 141    |
| Uncoated steel                                                 | 142                        | 145    | 147    | 150    | 150    |
| Coated steel                                                   | 137                        | 142    | 145    | 148    | 148    |
| Wrought iron                                                   | 137                        | 142    | -      | -      | -      |
| Galvanized iron                                                | 129                        | 133    | -      | -      | -      |
| Coated spun iron                                               | 137                        | 142    | 145    | 148    | 148    |
| Uncoated asbestos cement                                       | 142                        | 145    | 147    | 150    | -      |
| Coated asbestos cement                                         | 147                        | 149    | 150    | 152    | -      |
| PVC wavy                                                       | 142                        | 145    | 147    | 150    | 150    |
| Concrete                                                       | 69-129                     | 79-133 | 84-138 | 90-140 | 95-141 |
| Prestressed concrete                                           | -                          | -      | 147    | 150    | 150    |
| Spun cement-lined; spun butimen-lined PVC, brass, lead, copper | 147                        | 149    | 150    | 152    | 153    |
| Newly scraped mains                                            | 109                        | 116    | 121    | 125    | 127    |
| Newly brushed mains                                            | 97                         | 104    | 108    | 112    | 115    |

**טבלה 12: הפסד עומד על פי קוטר וספיקה**

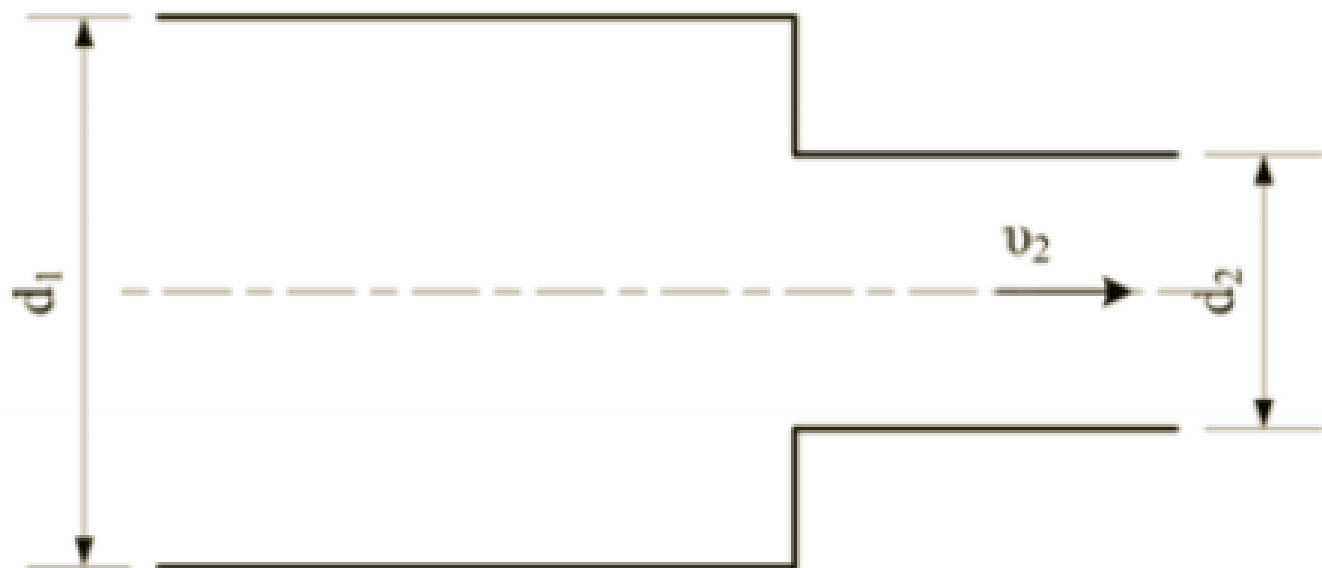
| מקדם החיספוס "C" |     |     | ספיקה   | קוטר צינור |
|------------------|-----|-----|---------|------------|
| 135              | 110 | 90  |         |            |
| הפסד עומד (%)    |     |     | מ"ק\שעה | אינץ'      |
| 32%              | 48% | 70% | 50      | 4"         |
| 16%              | 24% | 35% | 100     | 6"         |
| 8%               | 12% | 18% | 150     | 8"         |
| 5%               | 7%  | 10% | 200     | 10"        |

**טבלה 13: אנרגיה של הפסד עומד בצינור באורך 1000 מטר**

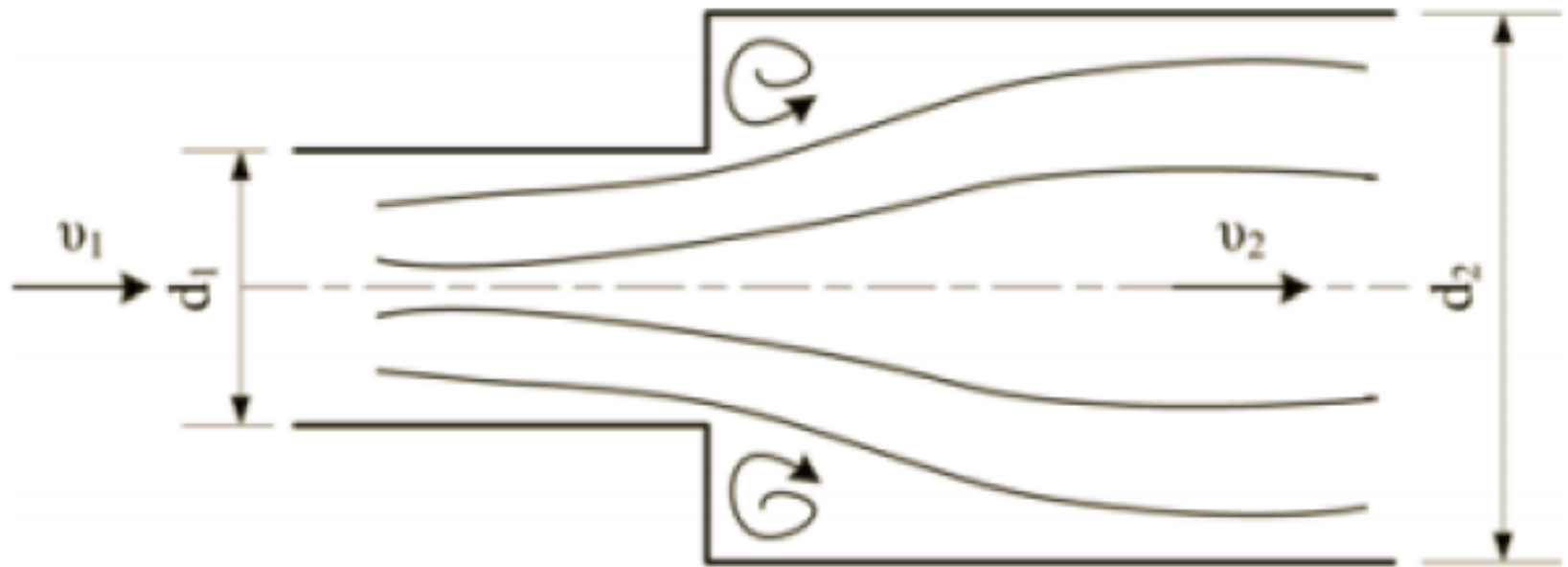
| מקדם חיספוס               |       |           |      | ספיקה   | קוטר צינור |
|---------------------------|-------|-----------|------|---------|------------|
| C=90                      | C=135 | 110       | 90   |         |            |
| שינוי מ- C=135 ל- C=90    |       |           |      |         |            |
| הפסד הספק אנרגטי          |       |           |      |         |            |
| גידול ביחס להפסד ב- C=135 |       | ערך מוחלט |      |         |            |
| %                         |       | קו"ט      |      | מ"ק\שעה | אינץ'      |
| 120.0%                    | 6.5   | 9.8       | 14.3 | 50      | 4"         |
| 120.0%                    | 6.5   | 9.8       | 14.3 | 100     | 6"         |
| 124.5%                    | 4.9   | 7.4       | 11.0 | 150     | 8"         |
| 105.0%                    | 4.0   | 5.7       | 8.2  | 200     | 10"        |

אובדני אנרגיה בהפרעות זרימה נקודתיות

$$\Delta h_m^s = \zeta \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$



$$\zeta = 1 - \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2$$



$$\text{Re} < 10 \quad \zeta = \frac{30}{\text{Re}}$$

$$10 < \text{Re} < 3500 \quad \zeta = f\left(\frac{d_2}{d_1}, \text{Re}\right)$$

$$3500 < \text{Re} \quad \zeta = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 - 1$$

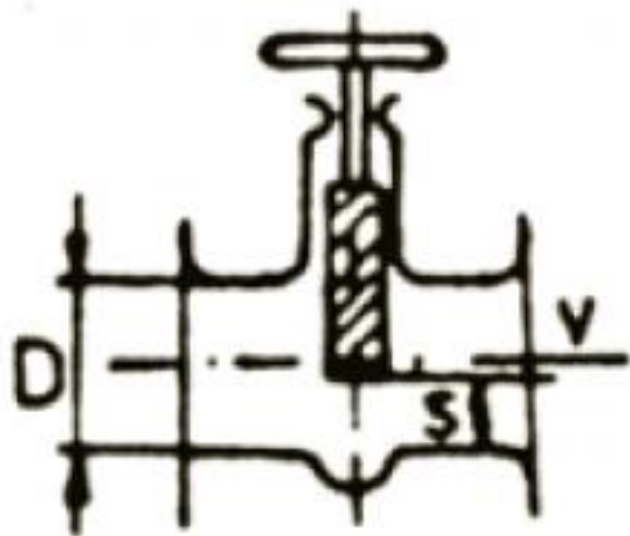
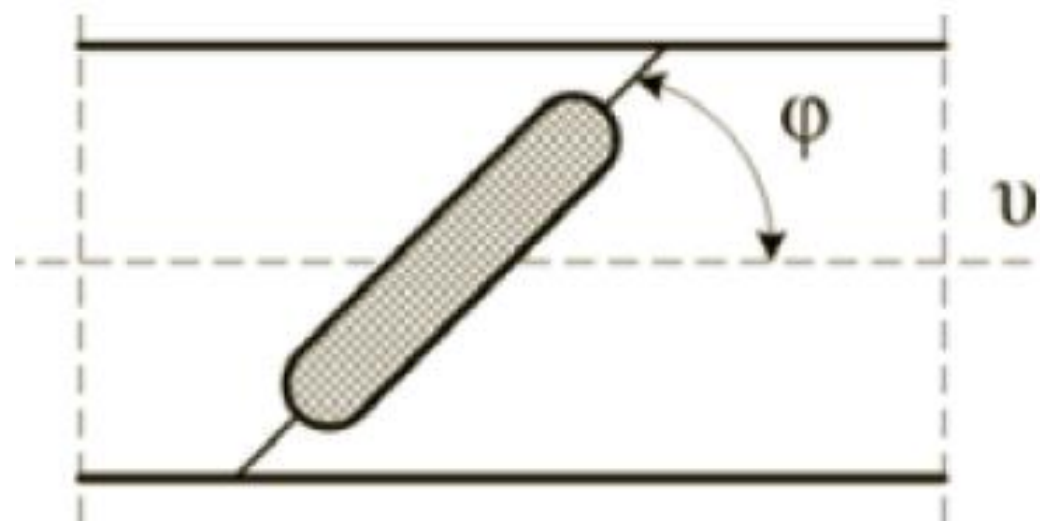


Table 1 Friction factors for bolt valve

| $\zeta = \zeta\left(\frac{S}{D}\right)$ |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $\frac{S}{D}$                           | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,0 |
| $\zeta$                                 | 30   | 22   | 12   | 5,3  | 2,8  | 1,5  | 0,8  | 0,3  | 0,1 |



| $\zeta = \zeta(\varphi)$ |     |                   |                  |                  |                  |                   |                  |                   |                  |
|--------------------------|-----|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| $\varphi$                | °   | 10                | 20               | 30               | 40               | 50                | 60               | 70                | 80               |
|                          | rad | $\frac{1}{18}\pi$ | $\frac{1}{9}\pi$ | $\frac{1}{6}\pi$ | $\frac{2}{9}\pi$ | $\frac{5}{18}\pi$ | $\frac{1}{3}\pi$ | $\frac{7}{18}\pi$ | $\frac{1}{2}\pi$ |
| $\zeta$                  |     | 0,52              | 1,54             | 3,91             | 10,8             | 32,6              | 118              | 751               | $\infty$         |

**Table 1. Range of Head-loss Coefficients (K) for Water Flowing Through Various Fittings**

| <b>Fitting Description</b>  | <b>K Value</b> | <b>Fitting Description</b>     | <b>K value</b> |
|-----------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| Globe valve, fully open     | 3 – 8          | Square-edged inlet (from tank) | 0.5            |
| Ball valve, fully open      | 0.04 – 0.1     | Bell-mouth inlet               | 0.05           |
| Check valve, fully open     | 2              | Discharge into tank            | 1              |
| Gate valve, fully open      | 0.03 – 0.2     | Standard elbow                 | 0.2 – 0.3      |
| Butterfly valve, fully open | 0.5 – 2        | Long radius elbow              | <0.1 – 0.3     |





