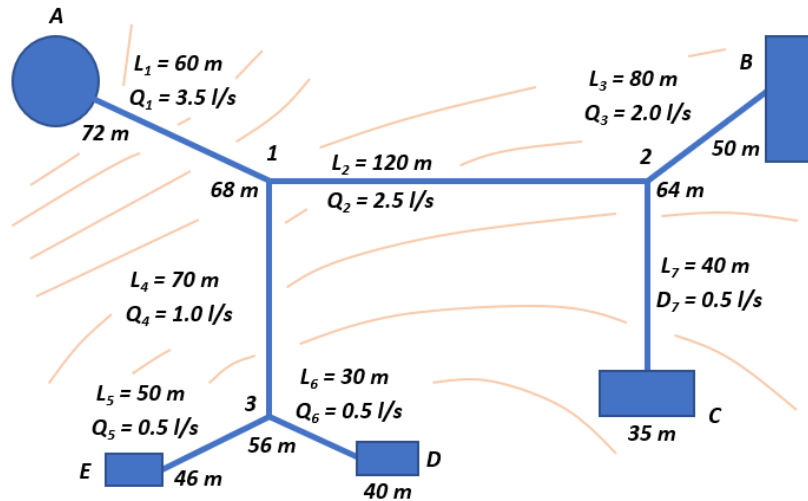


Eksempel 5: Dimensjonering av rørnett

Det forutsettes at vannet renner vekk i fra A og mot ALLE andre mottak. Det forutsettes at alle trykktap (trykkehøyder) er så lave sammenliknet mot fallhøyden som funksjon av friksjon på innsiden av rørene at de kan neglisjeres / settes lik null (0).



Figur 1. Ledningsnett som skal dimensjoneres.

Fellesparametere:

$$\text{Kontinuitetslikningen: } Q = vA \implies v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_2^2} \implies d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}} \quad (1)$$

$$\text{Friksjonstall: } \lambda := 0.020$$

Dimensjonering av rør A - 1:

$$\text{Mengde vann ut fra A: } Q_{A1} := 3.5 \frac{l}{s}$$

$$\text{Røret A-1, lengde: } L_{A1} := 60 \text{ m}$$

$$\text{Høydeforskjell, A - 1: } z_{A1} := 4 \text{ m}$$

Bernoullis likning for A - 1, er da:

$$z_{1A} + \gamma p_A + \frac{v_A^2}{2g} = z_1 + \gamma p_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{A1}}{d_1} \frac{v_1^2}{2g} \quad (2)$$

$$z_{A1} + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_1^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{A1}}{d_1} \frac{v_1^2}{2g}$$

$$z_{A1} = \frac{v_1^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{A1}}{d_1} \frac{v_1^2}{2g} \quad (3)$$

$$z_{1A} = \frac{\left(\frac{4 Q_{A1}}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2}{2 g} + \lambda \frac{L_{A1}}{d_2} \frac{\left(\frac{4 Q_{A1}}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2}{2 g}$$

$$z_{1A} = \frac{8 Q_{A1}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_1^4} + \lambda L_{A1} \frac{8 Q_{A1}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_1^5} \quad (4)$$

Gjetteverdi: $d_{A1} := 70 \text{ mm}$

Iterativøkken gir: $d_{A1} = 50.1 \text{ mm}$ eller $d_{A1} = 50 \text{ mm}$

Dimensjonering av rør 1 - 2:

Mengde vann ut fra 1: $Q_{12} := 2.5 \frac{l}{s}$

Røret A - 1, lengde: $L_{12} := 120 \text{ m}$

Høydeforskjell, A - 1: $z_1 := 4 \text{ m}$

Bernoullis likning for 1 - 2, er da:

$$z_1 + \gamma p_1 + \frac{v_1^2}{2 g} = z_2 + \gamma p_2 + \frac{v_2^2}{2 g} + \lambda \cdot \frac{L_{12}}{d_2} \frac{v_2^2}{2 g} \quad (5)$$

$$z_1 = \frac{v_2^2}{2 g} + \lambda \cdot \frac{L_{12}}{d_2} \frac{v_2^2}{2 g}$$

$$z_1 = \frac{8 Q_{12}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_2^4} + \lambda L_{A1} \frac{8 Q_{12}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_{12}^5} \quad (6)$$

Gjetteverdi: $d_{12} := 30 \text{ mm}$

Iterativøkken gir: $d_{12} = 43.7 \text{ mm}$ eller $d_{12} = 44 \text{ mm}$

Dimensjonering av rør 2 - B:

Mengde vann ut fra 2: $Q_{2B} := 2.0 \frac{l}{s}$

Røret 2 - B, lengde: $L_{2B} := 80 \text{ m}$

Høydeforskjell, 2 - B: $z_2 := 14 \text{ m}$

Bernoullis likning for 2 - B, er da:

$$Q = v \cdot A \quad v = \frac{Q}{A} \quad v_{12} := \frac{4 Q_{2B}}{\pi \cdot d_{12}^2} = 1.333 \frac{m}{s}$$

$$z_2 + \gamma p_2 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \gamma p_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{12}}{d_2} \frac{v_2^2}{2g} \quad (7)$$

$$z_2 + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_B^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{2B}}{d_{2B}} \frac{v_{2B}^2}{2g}$$

$$z_2 = \lambda \cdot \frac{L_{2B}}{d_{2B}} \frac{v_{2B}^2}{2g}$$

$$z_1 = \lambda L_{2B} \frac{8 Q_{2B}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_{2B}^5} \quad (8)$$

Gjetteverdi: $d_{2B} := 25 \text{ mm}$

Iterativøkken gir: $d_{2B} = 32.7 \text{ mm}$ eller $d_{2B} = 33 \text{ mm}$ $v_{2B} := \frac{4 Q_{2B}}{\pi \cdot d_{2B}^2} = 2.381 \frac{m}{s}$

Dimensjonering av rør 2 - C:

Mengde vann ut fra 2: $Q_{2C} := 0.5 \frac{l}{s}$

Røret 2 - C, lengde: $L_{2C} := 40 \text{ m}$

Høydeforskjell, 2 - C: $z_{2C} := 29 \text{ m}$

Bernoullis likning for 2 - C, er da:

$$Q = v \cdot A \quad v = \frac{Q}{A} \quad v_{12} := \frac{4 Q_{2B}}{\pi \cdot d_{12}^2} = 1.333 \frac{m}{s}$$

$$z_2 + \gamma p_2 + \frac{v_1^2}{2g} = z_C + \gamma p_{2C} + \frac{v_{2C}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{2C}}{d_{2C}} \frac{v_{2C}^2}{2g} \quad (9)$$

$$z_2 + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_C^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_C}{d_{2C}} \frac{v_C^2}{2g}$$

$$z_2 = \lambda \cdot \frac{L_{2C}}{d_{2C}} \frac{v_{2C}^2}{2g}$$

$$z_2 = \lambda L_{2C} \frac{8 Q_{2C}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_{2C}^5} \quad (10)$$

Gjetteverdi: $d_{2C} := 20 \text{ mm}$

Ierativøkken gir: $d_{2C} = 14.1 \text{ mm}$ eller $d_{2C} = 14 \text{ mm}$ $v_{2C} := \frac{4 Q_{2C}}{\pi \cdot d_{2C}^2} = 3.202 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Dimensjonering av rør 1 - 3:

Mengde vann ut fra 1: $Q_{13} := 1.0 \frac{\text{l}}{\text{s}}$

Røret 1 - 3, lengde: $L_{13} := 70 \text{ m}$

Høydeforskjell, 1 - 3: $z_{13} := 12 \text{ m}$

Bernoullis likning for 1 - 3, er da:

$$Q = v \cdot A \quad v = \frac{Q}{A} \quad v_{A1} := \frac{4 Q_{A1}}{\pi \cdot d_{A1}^2} = 1.775 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$z_1 + \gamma p_1 + \frac{v_{A1}^2}{2g} = z_3 + \gamma p_{13} + \frac{v_{13}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{13}}{d_{13}} \frac{v_{13}^2}{2g} \quad (11)$$

$$z_1 + \frac{v_{A1}^2}{2g} = \frac{v_{13}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{13}}{d_{13}} \frac{v_{13}^2}{2g}$$

$$z_1 = \lambda \cdot \frac{L_{13}}{d_{13}} \frac{v_{13}^2}{2g}$$

$$z_1 = \lambda L_{13} \frac{8 Q_{13}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_{13}^5} \quad (12)$$

Gjetteverdi: $d_{13} := 40 \text{ mm}$

Ierativøkken gir: $d_{13} = 24.9 \text{ mm}$ eller $d_{13} = 25 \text{ mm}$

Dimensjonering av rør 3 - E:

$$\text{Menge vann ut fra 3: } Q_{3E} := 0.5 \frac{l}{s}$$

$$\text{Røret 3 - E, lengde: } L_{3E} := 50 \text{ m}$$

$$\text{Høydeforskjell, 3 - E: } z_{3E} := 10 \text{ m}$$

Bernoullis likning for 3 - E, er da:

$$Q = v \cdot A \quad v = \frac{Q}{A} \quad v_{13} := \frac{4 Q_{13}}{\pi \cdot d_{13}^2} = 2.054 \frac{m}{s}$$
$$z_3 + \gamma p_3 + \frac{v_{13}^2}{2g} = z_E + \gamma p_{3E} + \frac{v_{3E}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{3E}}{d_{3E}} \frac{v_{3E}^2}{2g} \quad (11)$$

$$z_3 + \frac{v_{13}^2}{2g} = \frac{v_{3E}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{3E}}{d_{3E}} \frac{v_{3E}^2}{2g}$$

$$z_3 = \lambda \cdot \frac{L_{3E}}{d_{3E}} \frac{v_{3E}^2}{2g}$$

$$z_3 = \lambda L_{3E} \frac{8 Q_{3E}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_{3E}^5} \quad (12)$$

$$\text{Gjetteverdi: } d_{3E} := 30 \text{ mm}$$

$$\text{Iterativøkken gir: } d_{3E} = 24.1 \text{ mm} \quad \text{eller} \quad d_{3E} = 24 \text{ mm} \quad v_{3E} := \frac{4 Q_{3E}}{\pi \cdot d_{3E}^2} = 1.096 \frac{m}{s}$$

Dimensjonering av rør 3 - D:

$$\text{Menge vann ut fra 3: } Q_{3D} := 0.5 \frac{l}{s}$$

$$\text{Røret 3 - D, lengde: } L_{3D} := 30 \text{ m}$$

$$\text{Høydeforskjell, 3 - D: } z_{3D} := 16 \text{ m}$$

Bernoullis likning for 3 - D, er da:

$$Q = v \cdot A \quad v = \frac{Q}{A} \quad v_{13} := \frac{4 Q_{13}}{\pi \cdot d_{13}^2} = 2.054 \frac{m}{s}$$

$$z_3 + \gamma p_3 + \frac{v_{13}^2}{2g} = z_D + \gamma p_{3D} + \frac{v_{3D}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{3D}}{d_{3D}} \frac{v_{3DE}^2}{2g} \quad (11)$$

$$z_3 + \frac{v_{13}^2}{2g} = \frac{v_{3D}^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L_{3D}}{d_{3D}} \frac{v_{3D}^2}{2g}$$

$$z_3 = \lambda \cdot \frac{L_{3D}}{d_{3D}} \frac{v_{3D}^2}{2g}$$

$$z_3 = \lambda L_{3D} \frac{8 Q_{3D}^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_{3D}^5} \quad (12)$$

Gjetteverdi: $d_{3D} := 12 \text{ mm}$

Iterativøkken gir: $d_{3D} = 15 \text{ mm}$ eller $d_{3D} = 15 \text{ mm}$

$$v_{3D} := \frac{4 Q_{3D}}{\pi \cdot d_{3D}^2} = 2.829 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Oppsummering:

Strekning A - 1:	$Q_{A1} = 3.5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{A1} = 1.775 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{A1} = 50.1 \text{ mm}$
Strekning 1 - 2:	$Q_{12} = 2.5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{12} = 1.333 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{12} = 43.7 \text{ mm}$
Strekning 2 - B:	$Q_{2B} = 2 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{2B} = 2.381 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{2B} = 32.7 \text{ mm}$
Strekning 2 - C:	$Q_{2C} = 0.5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{2C} = 3.202 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{2C} = 14.1 \text{ mm}$
Strekning 1 - 3:	$Q_{13} = 1 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{13} = 2.054 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{13} = 24.9 \text{ mm}$
Strekning 3 - E:	$Q_{3E} = 0.5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{3E} = 1.096 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{3E} = 24.1 \text{ mm}$
Strekning 3 - D:	$Q_{3D} = 0.5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$	$v_{3D} = 2.829 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$d_{3D} = 15 \text{ mm}$

Merk: Det er strengt tatt unødvendig med 3 desimaler til høyre for komma, men får at vi skal se det "svart på hvitt" at det stemmer så var det nødvendig å booste rekken med desimaler.