

Vedlegg 3 Colebrook/White: Formler og eksempel for utregning

Vannmengde for fulle trykksatte rør:

$$Q = -2 * A_{vann} * \sqrt{2 * g * D_h * I} * \log \left(\frac{k}{3,71 * D_h} + \frac{2,51 * \nu}{D_h * \sqrt{2 * g * D_h * I}} \right)$$

Formel 1: Colebrook/White formel for kapasitetsberegning

Tverrsnittsareal for fulle rør (A_{vann}):

$$A_{vann} = \frac{\pi}{4} * D_h^2$$

Formel 2: Tverrsnittsareal for fulle rør

Tyngdeakselerasjon: 9,81 m/s²

Hydraulisk diameter (D_h):

Innvendig diameter. For plastrør oppgitt med ytre diameter, brukes følgende formel for å finne indre diameter:

$$D_h = D_u - 2 * \frac{D_u}{SDR}$$

Formel 3: Innvendig dimensjon for termoplastrør

Bunnhelning (I):

$$I = \frac{(\text{kote innløp} - \text{kote utløp})}{\text{ledningslengde}}$$

Formel 4: Bunnhelning på vannspeilet

Volumstrømning (v):

$$v = \frac{Q}{A_{vann}}$$

Formel 5: Volumstrømning

Tabell 1: Parametre for formler over

Forkortelse	Beskrivelse	Enhet
Q	Vannføring	m ³ /s
A_{vann}	Tverrsnittareal	m ²
g	Tyngdeakselerasjon	m/s ²
D_h	Hydraulisk diameter	m
I	Trykktap / trykklinjens fall	m/m
k	Ledningens ruhet	m
ν	Væskens kinematiske viskositet	m ² /s

Ledningens ruhet:

For nettberegninger brukes ofte praktiske ruheter etter tabellen nedenfor.

Tabell 2: Teoretiske og praktiske ruheter

Ledningsmateriale	Teoretisk ruhet (mm)	Ofte brukte/praktiske ruheter på ledninger (mm)
Plastrør (PVC, PE, etc.)	0,002 - 0,007	0,1 - 0,4
Betongrør	0,06 - 0,3	0,3 - 1,0
Nye støpejernsrør med betongforing	0,06 - 0,15	0,3 - 0,5
Nye støpejernsrør med termoplastforing	0,002 - 0,007	0,1 - 0,4
Eldre støpejernsrør	0,6 - 1,5	1,5 - 2,5 *

Væskens kinematiske viskositet:

Tabell 3: Kinematisk viskositet for vann

Vann-temperatur [°C]	Kinematisk viskositet u for vann [m ² /s]	Vann-temperatur [°C]	Kinematisk viskositet u for vann [m ² /s]
2	$1,6736 \cdot 10^{-6}$	22	$0,9565 \cdot 10^{-6}$
4	$1,6191 \cdot 10^{-6}$	24	$0,9131 \cdot 10^{-6}$
6	$1,4716 \cdot 10^{-6}$	26	$0,8729 \cdot 10^{-6}$
8	$1,3849 \cdot 10^{-6}$	28	$0,8355 \cdot 10^{-6}$
10	$1,3063 \cdot 10^{-6}$	30	$0,8007 \cdot 10^{-6}$
12	$1,2347 \cdot 10^{-6}$	32	$0,7682 \cdot 10^{-6}$
14	$1,1692 \cdot 10^{-6}$	34	$0,7379 \cdot 10^{-6}$
16	$1,1092 \cdot 10^{-6}$	36	$0,7095 \cdot 10^{-6}$
18	$1,0541 \cdot 10^{-6}$	38	$0,6828 \cdot 10^{-6}$
20	$1,0034 \cdot 10^{-6}$	40	$0,6579 \cdot 10^{-6}$

Eksempel beregning vha. Colebrook/White:

Finn vannmengde og strømningshastighet for en støpejernsledning med følgende parametre: ledningslengde 80 meter, kotehøyde innløp +30, kotehøyde utløp +29,5, Innvendig diameter 200 mm, ruhet 1,5 mm, vanntemperatur 10 °C.

$$D_h = \frac{200 \text{ mm}}{1000} = 0,200 \text{ m}$$

$$A_{vann} = \frac{\pi}{4} * D_h^2 = \frac{\pi}{4} * 0,200^2 = 0,031 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{(\text{kote innløp} - \text{kote utløp})}{\text{ledningslengde}} = \frac{(30 - 29,5)}{80 \text{ m}} = 0,00625 \text{ m/m} = 6,25 \text{ ‰}$$

$$\text{Ledningens ruhet [m]} = \frac{1,5 \text{ mm}}{1000} = 1,5 * 10^{-3} \text{ m}$$

Væskens kinematiske viskositet [m²/s] ved 10 grader (jf. tabell 3): 1,3063 * 10⁻⁶

Ved innsetting i Formel 1 får vi følgende uttrykk for vannmengde:

$$Q = -2 * 0,031 \text{ m}^2 * \sqrt{2 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,200 \text{ m} * 0,00625} \\ * \log \left(\frac{1,5 * 10^{-3} \text{ m}}{3,71 * 0,200 \text{ m}} + \frac{2,51 * 1,3063 * 10^{-6}}{0,200 \text{ m} * \sqrt{2 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,200 \text{ m} * 0,00625 \frac{\text{m}}{\text{m}}}} \right) \approx 0,026 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ved innsetting i Formel 5 får vi følgende uttrykk for strømningshastighet:

$$v = \frac{Q}{A_{vann}} = \frac{0,026 \text{ m}^3/\text{s}}{0,031 \text{ m}^2} \approx 0,84 \text{ m/s}$$

Vannmengden for ledningen blir da 0,026 m³/s, med en strømningshastighet på 0,84 m/s.