

## Vedlegg A1 - Rørdimensjonering

### Dimensjonering, selvfall

Stegvis forklaring av dimensjonering av selvfalls avløpssystem i Byggefelt 1:

1. Undersøke om avløpsledningen har tilstrekkelig fall fra start til slutt. Antar jevnt fall på ledningen. «Tommelfingerregelen» sier at en promille på over 10 gir selvrens. Benytter (formel 2) for å undersøke ledningens helning (m/m). Ved å multiplisere svaret med 1000, får man oppgitt svaret i promille.

$$I = \frac{(8,66 - 2,55)m}{444,46 m} * 1000 = 13,74 \text{ ‰} \quad (\text{formel 2})$$

$I$  Helning på bunnen av ledningen

$\Delta H$  (Delta) Høydeforskjell

$L$  Ledningslengden (m)

(Ødegaard, H. 2014b, side 307, Figur 11,8)

2. Lærebøker og VA-blader anbefaler minimum 150 mm diameter på avløpsledningen for å ha tilstrekkelig kapasitet. Vi velger derfor 160 mm, etter leverandørens produktkatalog. Kontrollerer minste mulige avløpsmengde ( $Q_{selvrens}$ ) for gjeldende trase/byggetrinn ved å benytte (formel 3). Setter utlekkingsvann ( $Q_{lekk}$ ) til 0, da dette blir neglisjerbart på en så kort avløpsledning.

$$Q_{selvrens} = \frac{195 Pe \cdot 150 \frac{l}{pd} \cdot 3,2 \cdot 0,5 + 0}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,54 \text{ l/s} \quad (\text{formel 3})$$

$Q_{selvrens}$  Selvrensing av avløpsledning (l/s)

$Pe$  Personekvalent

$k_{maks}$  Maksimal timefaktor

$f_{min}$  Minimal døgnfaktor

$Q_{lekk}$  Infiltrasjon og inn/utlekkingsvann (fremmedvann) (l/pd)

(Ødegaard, H. 2014b, side 157, Delkapittel 7.2.2, formell 2)

3. Ønsker å finne skjærspenningen i bunnen av røret. For å finne denne verdien må man gjennom flere steg. Benytter først (formel 4) for å finne skjærspenningen i et helt fylt rør. Denne formelen inneholder også verdi for hydraulisk radius (formel 5) og fallet på ledningen (formel 6)

$$\tau_{fylt} = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{0,16 m}{4} \cdot \frac{(8,66 - 2,55)m}{444,46 m} = 5,39 \text{ N/m}^2 \quad (\text{formel 4})$$

$\tau_{fylt}$  Skjærspenningen i et helt fylt rør ( $N/m^2$ )

$\gamma$  Spesifikk vekt, vann ( $N/m^3$ )

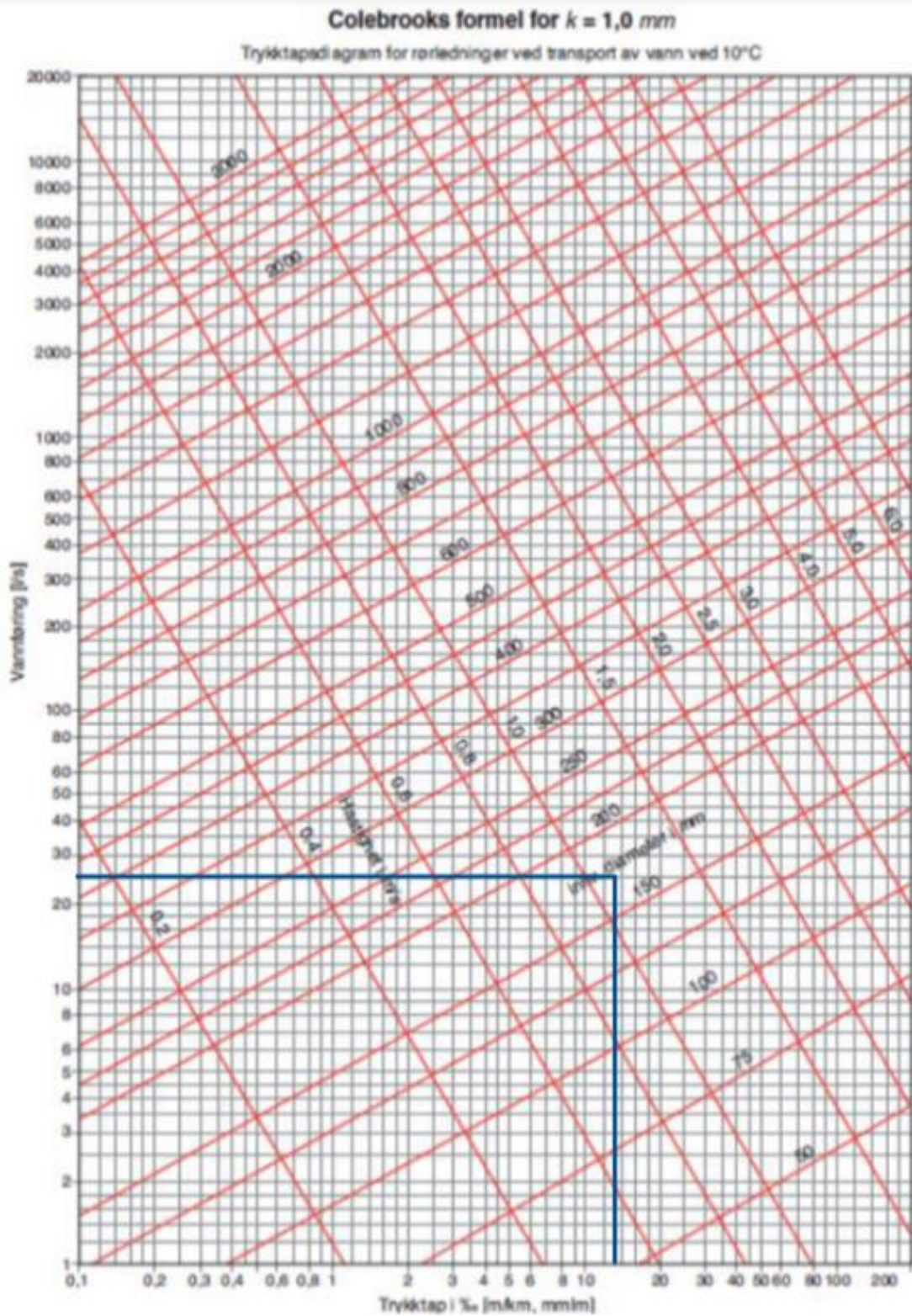
$g$  Gravitasjonen = 9,81 ( $m/s^2$ )

$R$  Hydraulisk radius

$I$  Fallet på ledningen (m/m)

(Ødegaard, H. 2014b, side 310)

4. I første steg fant vi avløpsledningens fall,  $I$ . Denne benyttes nå i «colebrooks» diagram. Ved å kombinere ledningens fall på diagrammets «x-akse» og den valgte ledningsdimensjonen, kan vi lese av vannføringskapasiteten til avløpsledningen ( $Q_{fylt}$ ). Denne finnes på diagrammets «y-akse» og leses av i liter per sekund (l/s) (Se mørkeblå linje).



Figur 1 (Ødegaard, H. 2014a, side 73)

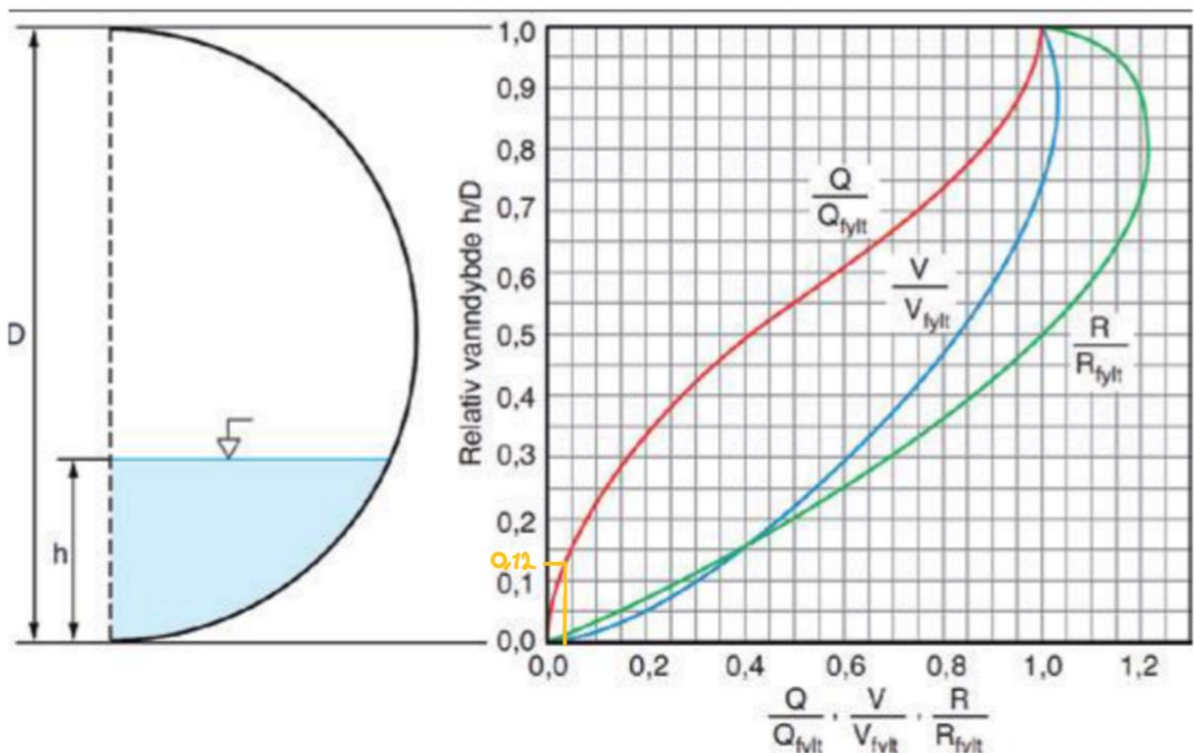
5. Videre benyttes (formell 7), som dividerer den minste vannmengden ( $Q_{selvrens}$ ) avløpsledningen vil kunne ha med vannføringskapasiteten ( $Q_{fyllt}$ ) i ledningen.

$$\frac{0,54 \frac{l}{s}}{23 \frac{l}{s}} = 0,023 \rightarrow \frac{h}{D} \quad (\text{formel 7})$$

$Q_{selvrens}$  Selvrensing av avløpsledning ( $Q_{min}$ ) (l/s)  
 $Q_{fylt}$  Vannføringskapasiteten i en ledning  
 X-verdi «X-verdien» i delfyllingsdiagrammet  
 $\frac{h}{D}$  Relativ vanndybde

(Ødegaard, 2014, side 81)

6. «X-verdien» som (formel 7) gir oss leses av på delfyllingsdiagrammets x-akse. Ved å følge denne loddrett, til man treffer grafen « $Q_{selvrens}/Q_{fylt}$ », kan vi lese av avløpsledningens relative vanndybde ( $h/D$ ). (Se gul linje)



Figur 2 (Ødegaard, H. 2014a, side 81)

7. Til sist benyttes de tidligere verdiene som er funnet til å beregne maksimal skjærspenning i bunnen av avløpsledningen. Disse settes inn i (formel 8), der det ønskes en oppnådd verdi på over  $2,0 \text{ N/m}^2$ , da dette oppfyller kravet for selvrens.

$$\tau_{maks} = 5,39 \frac{N}{m^2} \cdot 4 \cdot 0,12 \cdot (1 - 0,12) = 2,27 \frac{N}{m^2} \rightarrow OK \quad (\text{formel 8})$$

$\tau_{maks}$  Maksimal skjærspenning i bunnen av røret ( $\text{N/m}^2$ )  
 $\tau_{fylt}$  Skjærspenningen i et helt fylt rør ( $\text{N/m}^2$ )  
 $h$  Vannivået over bunnen av røret (delfyllingen)  
 $D$  Rørdiameter (m)  
 $\frac{h}{D}$  Relativ vanndybde

(Ødegaard, H. 2014b, side 310)

### Stegvis forklaring av dimensjonering av selvfalls avløpssystem i Byggefelt 3:

1. Undersøke om avløpsledningen har tilstrekkelig fall fra start til slutt. Antar jevnt fall på ledningen. «Tommelfingerregelen» sier at en promille på over 10 gir selvrens. Benytter (formel 2) for å undersøke ledningens helning (m/m). Ved å multiplisere svaret med 1000, får man oppgitt svaret i promille.

$$I = \frac{(5,25 - 2,32)m}{139 m} * 1000 = 21,08 \text{ ‰} \quad (\text{formel 2})$$

$I$  Helning på bunnen av ledningen

$\Delta H$  (Delta) Høydeforskjell

$L$  Ledningslengden (m)

(Ødegaard, H. 2014b, side 307, Figur 11,8)

2. Herøy-kommune og VA-blader anbefaler minimum 150 mm diameter på avløpsledningen for å ha tilstrekkelig kapasitet. Vi velger derfor 160 mm, etter levererandørens produktkatalog. Kontrollerer minste mulige avløpsmengde ( $Q_{selvrens}$ ) for gjeldende trase/byggetrinn ved å benytte (formel 3). Setter utlekkingsvann ( $Q_{lekk}$ ) til 0, da dette blir neglisjerbart på en så kort avløpsledning.

$$Q_{selvrens} = \frac{105 Pe \cdot 150 \frac{l}{pd} \cdot 3,2 \cdot 0,5 + 0}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,29 \text{ l/s} \quad (\text{formel 3})$$

$Q_{selvrens}$  Selvrensing av avløpsledning ( $Q_{min}$ ) (l/s)

$Pe$  Personekvalent

$k_{maks}$  Maksimal timefaktor

$f_{min}$  Minimal døgnfaktor

$Q_{lekk}$  Infiltrasjon og inn/utlekkingsvann (fremmedvann) (l/pd)

(Ødegaard, H. 2014b, side 157, Delkapittel 7.2.2, formell 2)

3. Ønsker å finne skjærspenningen i bunnen av røret. For å finne denne verdien må man gjennom flere steg. Benytter først (formel 4) for å finne skjærspenningen i et helt fylt rør. Denne formelen inneholder også verdi for hydraulisk radius (formel 5) og fallet på ledningen (formel 6)

$$\tau_{fylt} = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{0,16 m}{4} \cdot \frac{(5,25 - 2,32)m}{139 m} = 8,27 \text{ N/m}^2 \quad (\text{formel 4})$$

$\tau_{fylt}$  Skjærspenningen i et helt fylt rør ( $N/m^2$ )

$\gamma$  Spesifikk vekt, vann ( $N/m^3$ )

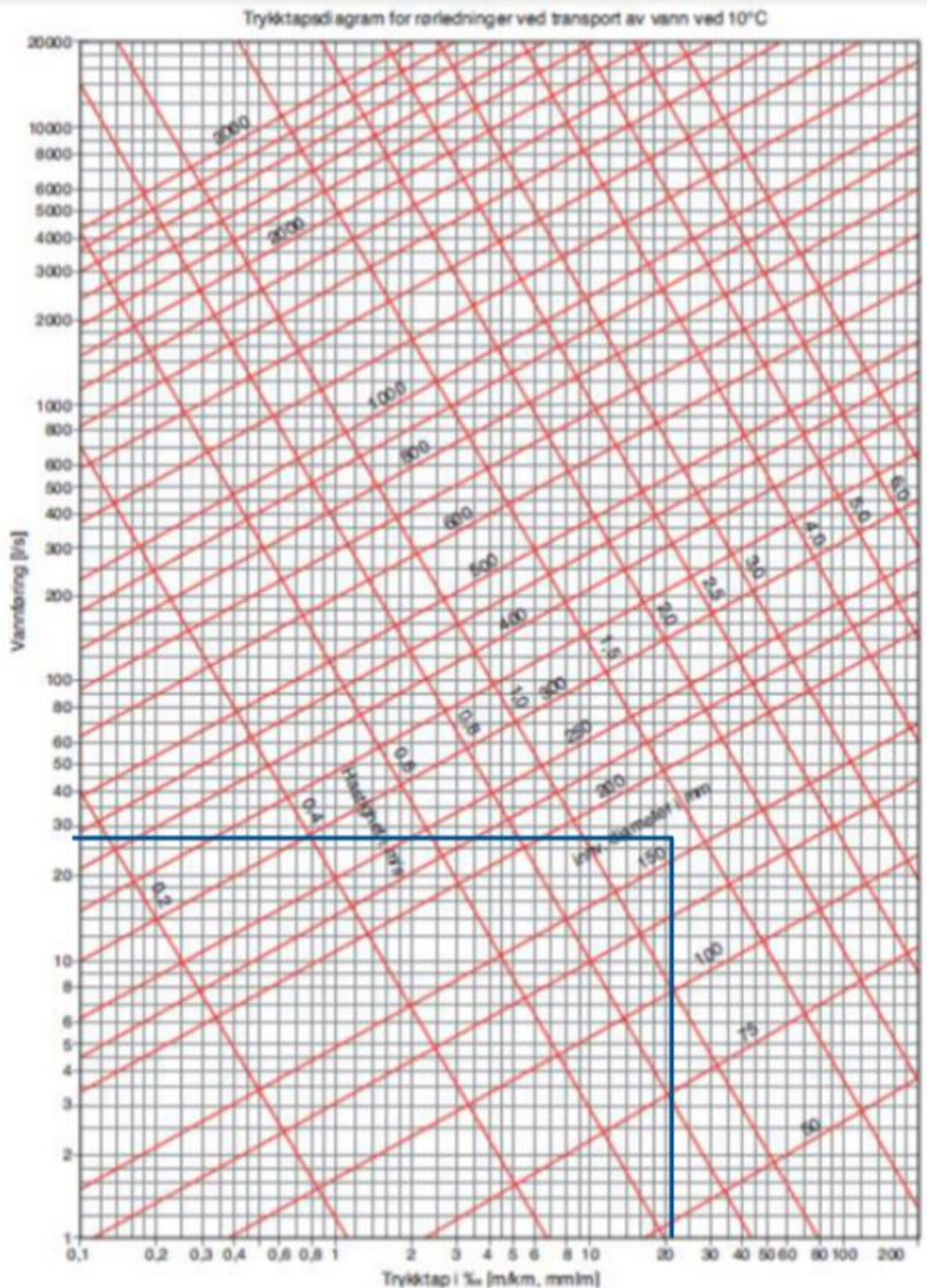
$g$  Gravitasjonen =  $9,81$  ( $m/s^2$ )

$R$  Hydraulisk radius

$I$  Fallet på ledningen (m/m)

(Ødegaard, H. 2014b, side 310)

4. I første steg fant vi avløpsledningens fall,  $I$ . Denne benyttes nå i «colebrooks» diagram. Ved å kombinere ledningens fall på diagrammets «x-akse» og den valgte ledningsdimensjonen, kan vi lese av vannføringskapasiteten til avløpsledningen ( $Q_{fylt}$ ). Denne finnes på diagrammets «y-akse» og leses av i liter per sekund (l/s) (Se mørkeblå linje).



Figur 3 (Ødegaard, H. 2014a, side 73)

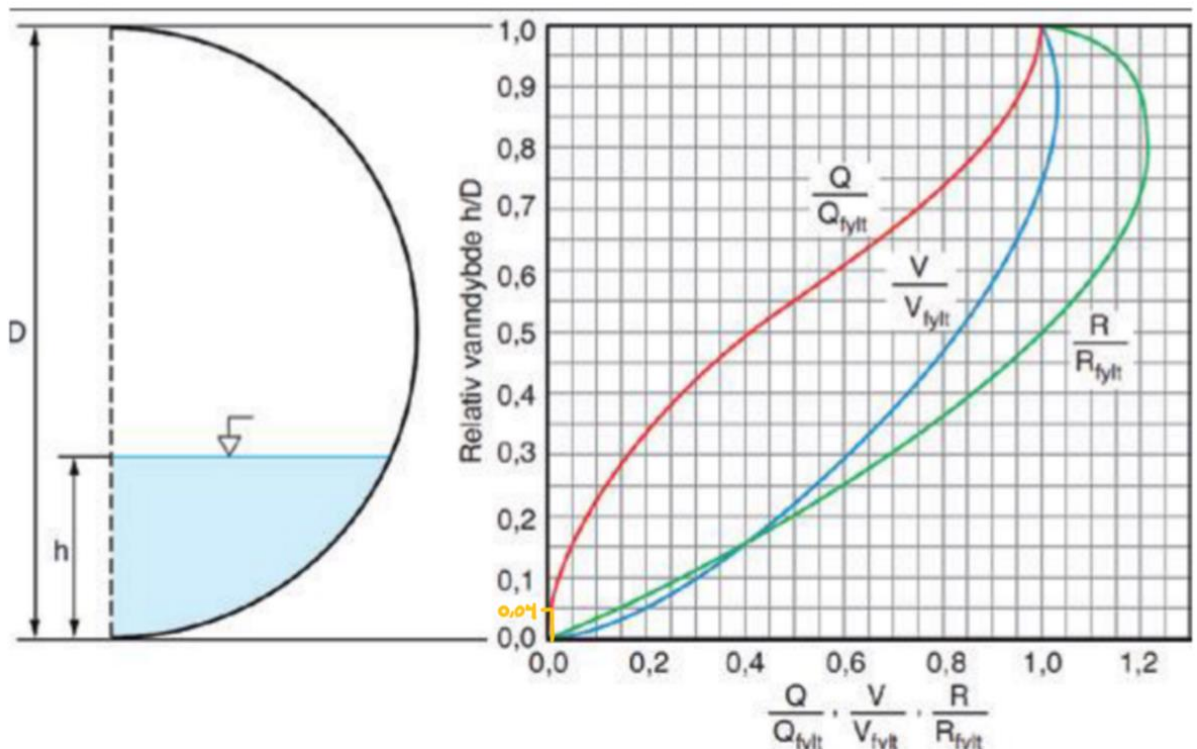
5. Videre benyttes (formell 7), som dividerer den minste vannmengden ( $Q_{selvrens}$ ) avløpsledningen vil kunne ha med vannføringskapasiteten ( $Q_{fylt}$ ) i ledningen.

$$\frac{0,29 \frac{l}{s}}{27 \frac{l}{s}} = 0,01 \rightarrow \frac{h}{D} \quad (\text{formel 7})$$

$Q_{selvrens}$  Selvrensing av avløpsledning ( $Q_{min}$ ) (l/s)  
 $Q_{fylt}$  Vannføringskapasiteten i en ledning  
 X-verdi «X-verdien» i delfyllingsdiagrammet  
 $\frac{h}{D}$  Relativ vanndybde

(Ødegaard, H. 2014b, side 81)

6. «X-verdien» som (formel 7) gir oss leses av på delfyllingsdiagrammets x-akse. Ved å følge denne loddrett, til man treffer grafen « $Q_{selvrens}/Q_{fylt}$ », kan vi lese av avløpsledningens relative vanndybde ( $h/D$ ). (Se gul linje)



Figur 4 (Ødegaard, H. 2014a, side 81)

7. Til sist benyttes de tidligere verdiene som er funnet til å beregne maksimal skjærspenning i bunnen av avløpsledningen. Disse settes inn i (formel 8), der det ønskes en oppnådd verdi på over  $2,0 \text{ N/m}^2$ , da dette oppfyller kravet for selvrens.

$$\tau_{maks} = 8,27 \frac{N}{m^2} \cdot 4 \cdot 0,04 \cdot (1 - 0,04) = 1,27 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{IKKE OK} \quad (\text{formel 8})$$

$\tau_{maks}$  Maksimal skjærspenning i bunnen av røret ( $\text{N/m}^2$ )  
 $\tau_{fylt}$  Skjærspenningen i et helt fylt rør ( $\text{N/m}^2$ )  
 $h$  Vannivået over bunnen av røret (delfyllingen)  
 $D$  Rørdiameter (m)  
 $\frac{h}{D}$  Relativ vanndybde

(Ødegaard, H 2014a, side 310)

## Dimensjonering, trykk

Stegvis forklaring av dimensjonering av trykksatt avløpssystem i byggefelt 1:

1. Benytter (formel 9) for å finne den maksimale mengden avløpsvann ( $Q_{dim}$ ), det lukkede avløpssystemet kan bli utsatt for. Setter annet vannforbruk ( $Q_a$ ), Infiltrasjon og inn/utlekkingsvann ( $Q_{lekk}$ ) og Brannvann til 0. Ved å dividere svaret på 1000, omgjør vi verdien til ( $m^3/s$ ).

$$Q_{dim} = \frac{195 Pe \cdot 150 \frac{l}{s} \cdot 3,2 \cdot 2,5 + 0 + 0}{24 \cdot 60 \cdot 60} + 0 = 2,72 \frac{l}{s} = 0,00272 \frac{m^3}{s} \quad (\text{formel 9})$$

$Q_{dim}$  Dimensjonerende vannmengde ( $Q_{maks}$ ) (l/s)

$Pe$  Personekvalent

$k_{maks}$  Maksimal timefaktor

$f_{maks}$  Maksimal døgnfaktor

$Q_h$  Vannforbruk, Husholdning (l/pd)

$Q_a$  Vannforbruk, Annet (industri, institusjon og næringsvirksomhet) (l/pd)

$Q_{lekk}$  Infiltrasjon og inn/utlekkingsvann (fremmedvann) (l/pd)

Brannvann Vann til brannslukking (l/s)

(Ødegaard, H. 2014b, side 157, Delkapittel 7.2.2 formel 1)

2. VA-blader og produsenter opplyser om dimensjoner fra 40-110 mm diameter på trykkavsatte avløpsledninger. Vi har valgt 90 mm for byggefelt 1 og 75 mm for byggefelt 3, mens alle stikkledninger har fått en dimensjon på 50 mm. Alle avløpsledninger i PVC, PE, PP blir oppgitt med utvending rørdiameter. For å finne den innvendige diameteren må (formel 10) benyttes. Den tar for seg forholdet mellom den ytre diameteren og rørtykkelse for å finne den indre rørdiameteren.

$$D_i = 0,09 \text{ m} - 2 \cdot \frac{0,09 \text{ m}}{11} = 0,07364 \text{ m} \quad (\text{formel 10})$$

$D_i$  Indre rørdiameter (m)

$D_y$  Ytre rørdiameter (m)

SDR Verdi for rørtykkelse

(VA/Miljøblad nr. 97) (<https://www.va-blad.no/krav-til-pe-ror-vednodig-utforelse/>)

3. Det er viktig å ta hensyn til rørets ruhet. Ruheten endrer seg over tid på grunn av avsetninger, slitasje, osv. Derfor er det vanlig å bruke anbefalte verdier for ruhet ( $k$ ) ved dimensjonering.

Rørmateriale	Beskrivelse av ledningsstrek	k (mm)
Betongrør og rør med innvendig sementmørtelforing	Rett ledningsstrekning uten tilknytninger og bend	1,00
	Ledningsstrekning med tilknytninger og bend	1,50
Plastledninger (PVC, PE, GRP etc.)	Rett ledningsstrekning uten tilknytninger og bend	0,25
	Ledningsstrekning med tilknytninger og bend	0,40

Figur 5 (Ødegaard, H. 2014a, side 308, tabell 11.3)

4. Den valgte k-verdien og den indre rørdiameteren benyttes så videre i til å finne den relative ruheten (formel 11) som er oppgitt på den høyre «y-aksen» i «Moody's diagram».

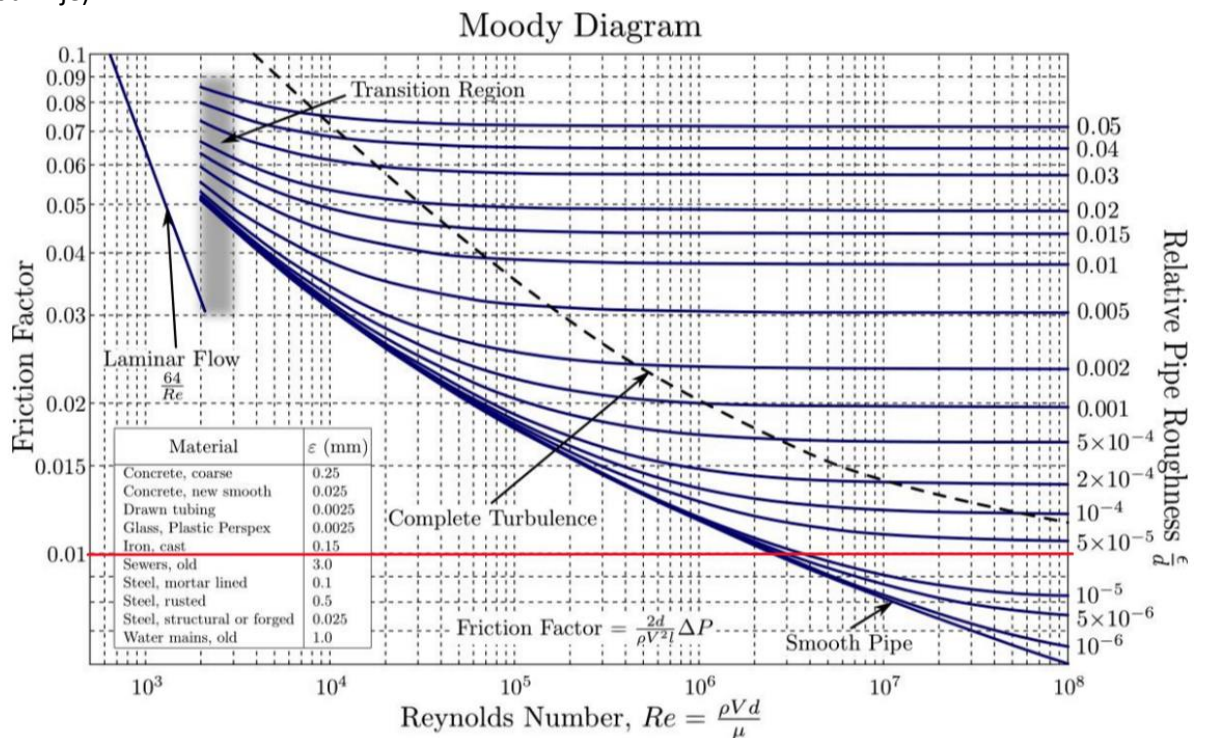
(Ødegaard, H. 2014b, side 71, tabell 3,1)

$$f = \frac{0,0025 \text{ mm}}{73,64 \text{ mm}} = 3,4 \cdot 10^{-5} \quad (\text{formel 11})$$

$f$  Friksjonskoeffisienten  
 $\epsilon$  Ledningsmateriale (rørruhet) (mm)  
 $D_i$  Indre rørdiameter (mm)

(Ødegaard, H. 2014b, side 71, «Moody's diagram»)

5. Ved å sette en horisontal linje over «Moody's diagram», finner vi friksjonskoeffisienten ( $f$ ) (Se rød linje).



Figur 6 («Moody's diagram», hydraco.no, <https://www.hydraco.no/moodys-diagram-2/>)

6. Vi anvender «Darcy-Weisbachs» ligning (formel 12) for fylte avløpsledninger som er satt under trykk. Ved å snu litt om på denne ligningen får vi falltapet ( $h_f$ ) i (formel 13). Denne verdien skal benyttes i neste steg.

$$D^5 = f \cdot \frac{L \cdot Q^2 \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot h_f} \quad (\text{formel 12})$$

$D$  Ledningsdiameter (m)  
 $f$  Friksjonskoeffisienten  
 $L$  Ledningslengden (m)  
 $Q$  Dimensjonerende vannmengde ( $m^3/s$ )  
 $g$  Gravitasjonen = 9,81 ( $m/s^2$ )  
 $\pi$  Pi = 3,14  
 $h_f$  Falltapet i ledningen (mVS) (meter vannsøyle)

(Ødegaard, H. 2014b, side 308)



$$h_f = 0,01 \cdot \frac{356,5 \text{ m} \cdot (0,00272)^2 \text{ m} \cdot 8}{(0,07365)^5 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \pi^2} = 1,0 \quad (\text{formel 13})$$

- $h_f$  Falltapet (m)  
 $f$  Friksjonskoeffisienten  
 $L$  Ledningslengden (m)  
 $D$  Ledningsdiameter (m)  
 $Q$  Dimensjonerende vannmengde ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $g$  Gravitasjonen =  $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$   
 $\pi$   $\text{Pi} = 3,14$

(Ødegaard, H. 2014b, side 308)

7. Etter å ha funnet falltapet ( $h_f$ ) kan vi igjen benytte oss av «Darcy-Weisbachs» ligning (formel 14). Ved å snu litt på denne, får vi oppgitt avløpsvannet hastighet i den bestemte rørdimensjonen (formel 15). Som nevnt tidligere så ønskes det en hastighet på over  $0,40 \text{ m/s}$  for å oppnå kravet om selvrens i trykksatte avløp

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (\text{formel 14})$$

- $h_f$  Falltapet (m)  
 $f$  Friksjonskoeffisienten  
 $L$  Ledningslengden (m)  
 $D$  Ledningsdiameter (m)  
 $v$  Vannhastigheten (m/s)  
 $g$  Gravitasjonen =  $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

(Ødegaard, H. 2014b, side 307)

$$v = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0,07364) \text{ m}}{0,01 \cdot 356,5 \text{ m}}} = 0,64 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{OK} \quad (\text{formel 15})$$

- $v$  Vannhastigheten (m/s)  
 $h_f$  Falltapet (m)  
 $g$  Gravitasjonen =  $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$   
 $D$  Ledningsdiameter (m)  
 $f$  Friksjonskoeffisienten  
 $L$  Ledningslengden (m)

(Ødegaard, H. 2014b, side 307)

### Stegvis forklaring av dimensjonering av trykksatt avløpssystem i byggefelt 3:

1. Benytter (formel 9) for å finne den maksimale mengden avløpsvann ( $Q_{dim}$ ), det lukkede avløpssystemet kan bli utsatt for. Setter annet vannforbruk ( $Q_a$ ), Infiltrasjon og inn/utlekkingsvann ( $Q_{lekk}$ ) og Brannvann til 0. Ved å dividere svaret på 1000, omgjør vi verdien til ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$$Q_{dim} = \frac{105 Pe \cdot 150 \frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot 3,2 \cdot 2,5 + 0 + 0}{24 \cdot 60 \cdot 60} + 0 = 1,46 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 0,00146 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (\text{formel 9})$$

- $Q_{dim}$  Dimensjonerende vannmengde ( $Q_{maks}$ ) (l/s)  
 $Pe$  Personekvalent  
 $k_{maks}$  Maksimal timefaktor

- $f_{maks}$  Maksimal døgnfaktor
  - $Q_h$  Vannforbruk, Husholdning (l/pd)
  - $Q_a$  Vannforbruk, Annet (industri, institusjon og næringsvirksomhet) (l/pd)
  - $Q_{lekk}$  Infiltrasjon og inn/utlekkingsvann (fremmedvann) (l/pd)
  - $Brannvann$  Vann til brannslukking (l/s)
- (Ødegaard, H. 2014b, side 157 Delkapittel 7.2.2 formel 1)

2. VA-blader og produsenter opplyser om dimensjoner fra 40-110 mm diameter på trykkavsatte avløpsledninger. Vi har valgt 90 mm for byggefelt 1 og 75 mm for byggefelt 3 mens alle stikkledninger har fått en dimensjon på 50 mm. Alle avløpsledninger i PVC, PE, PP blir oppgitt med utvendig rørdiameter. For å finne den innvendige diameteren må (formel 10) benyttes. Den tar for seg forholdet mellom den ytre diameteren og rørtykkelse for å finne den indre rørdiameteren.

$$D_i = 0,075 \text{ m} - 2 \cdot \frac{0,075 \text{ m}}{11} = 0,06137 \text{ m} \quad (\text{formel 10})$$

- $D_i$  Indre rørdiameter (m)
  - $D_y$  Ytre rørdiameter (m)
  - $SDR$  Verdi for rørtykkelse
- (Va/Miljøblad nr. 97) (<https://www.va-blad.no/krav-til-pe-ror-vednodig-utforelse/>)

3. Det er viktig å ta hensyn til rørets ruhet. Ruheten endrer seg over tid på grunn av avsetninger, slitasje, osv. Derfor er det vanlig å bruke anbefalte verdier for ruhet (k) ved dimensjonering.

Rørmateriale	Beskrivelse av ledningsstrek	k (mm)
Betongrør og rør med innvendig sementmørtelforing	Rett ledningsstrekning uten tilknytninger og bend	1,00
	Ledningsstrekning med tilknytninger og bend	1,50
Plastledninger (PVC, PE, GRP etc.)	Rett ledningsstrekning uten tilknytninger og bend	0,25
	Ledningsstrekning med tilknytninger og bend	0,40

Figur 7 (Ødegaard, H. 2014a, side 308, tabell 11.3)

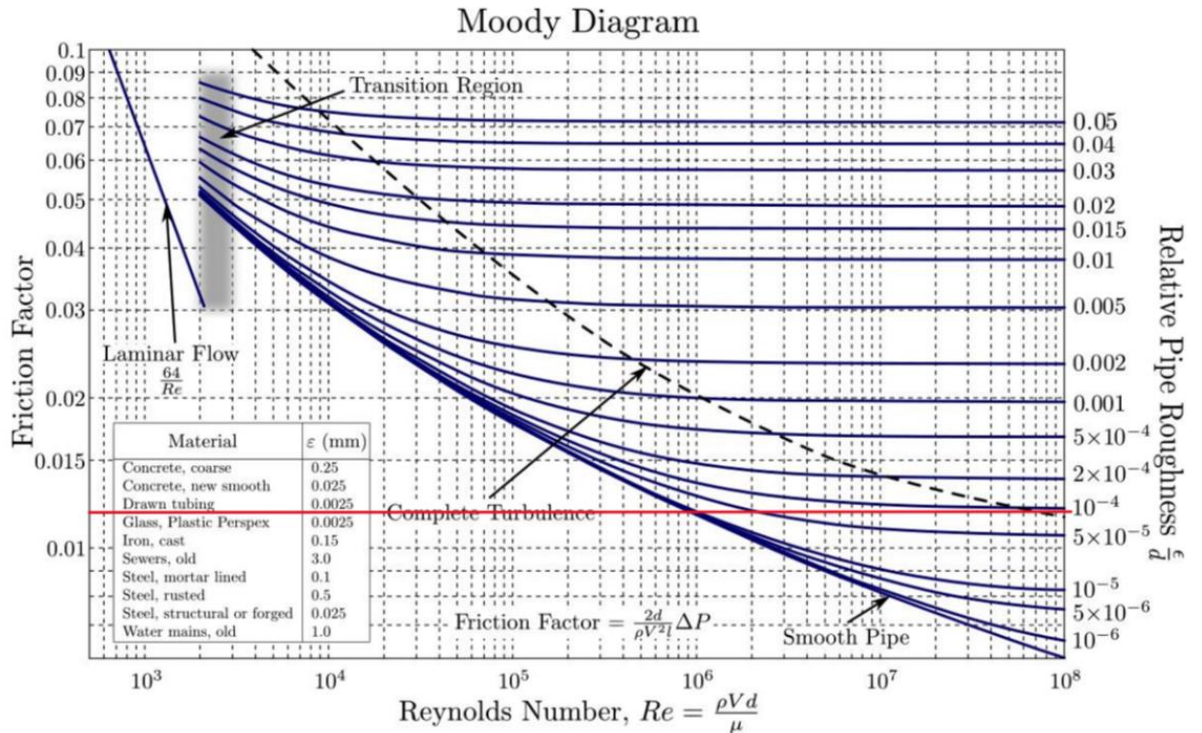
4. Den valgte k-verdien og den indre rørdiameteren benyttes så videre i til å finne den relative ruheten (formel 11) som er oppgitt på den høyre «y-aksen» i «Moody's diagram».

(Ødegaard, 2014, side 71, tabell 3,1)

$$f = \frac{0,0025 \text{ mm}}{61,37 \text{ mm}} = 4,07 \cdot 10^{-5} \quad (\text{formel 11})$$

- $f$  Friksjonskoeffisienten
  - $\epsilon$  Ledningsmateriale (rørruhet) (mm)
  - $D_i$  Indre rørdiameter (mm)
- (Ødegaard, 2014, side 71, «Moody's diagram»)

5. Ved å sette en horisontal linje over «Moody's diagram», finner vi friksjonskoeffisienten (f) (Se rød linje).



Figur 8 («Moody's diagram», hydraco.no, <https://www.hydraco.no/moodys-diagram-2/>)

6. Vi anvender «Darcy-Weisbachs» ligning (formel 12) for fylte avløpsledninger som er satt under trykk. Ved å snu litt om på denne ligningen får vi falltapet ( $h_f$ ) i (formel 13). Denne verdien skal benyttes i neste steg.

$$D^5 = f \cdot \frac{L \cdot Q^2 \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot h_f} \quad (\text{formel 12})$$

- $D$  Ledningsdiameter (m)
- $f$  Friksjonskoeffisienten
- $L$  Ledningslengden (m)
- $Q$  Dimensjonerende vannmengde ( $m^3/s$ )
- $g$  Gravitasjonen =  $9,81 (m/s^2)$
- $\pi$   $Pi = 3,14$
- $h_f$  Falltapet i ledningen (mVS) (meter vannsøyle)

(Ødegaard, H. 2014b, side 308)

$$h_f = 0,012 \cdot \frac{444,5 \text{ m} \cdot (0,00146)^2 \text{ m} \cdot 8}{(0,06137)^5 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \pi^2} = 1,08 \quad (\text{formel 13})$$

- $h_f$  Falltapet (m)
- $f$  Friksjonskoeffisienten
- $L$  Ledningslengden (m)
- $D$  Ledningsdiameter (m)
- $Q$  Dimensjonerende vannmengde ( $m^3/s$ )
- $g$  Gravitasjonen =  $9,81 (m/s^2)$
- $\pi$   $Pi = 3,14$

(Ødegaard, H 2014b, side 308)

7. Etter å ha funnet falltapet ( $h_f$ ) kan vi igjen benytte oss av «Darcy-Weisbachs» ligning (formel 14). Ved å snu litt på denne, får vi oppgitt avløpsvannet hastighet i den bestemte

rørdimensjonen (formel 15). Som nevnt tidligere så ønskes det en hastighet på over 0,40 m/s for å oppnå kravet om selvrens i trykksatte avløp

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (\text{formel 14})$$

- $hf$  Falltapet (m)
- $f$  Friksjonskoeffisienten
- $L$  Ledningslengden (m)
- $D$  Ledningsdiameter (m)
- $v$  Vannhastigheten (m/s)
- $g$  Gravitasjonen = 9,81 (m/s<sup>2</sup>)

(Ødegaard, H. 2014b, side 307)

$$v = \sqrt{\frac{1,08 \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot (0,06137)m}{0,012 \cdot 444,5 m}} = 0,49 \frac{m}{s} \rightarrow OK \quad (\text{formel 15})$$

- $v$  Vannhastigheten (m/s)
- $hf$  Falltapet (m)
- $g$  Gravitasjonen = 9,81 (m/s<sup>2</sup>)
- $D$  Ledningsdiameter (m)
- $f$  Friksjonskoeffisienten
- $L$  Ledningslengden (m)

(Ødegaard, H. 2014b, side 307)