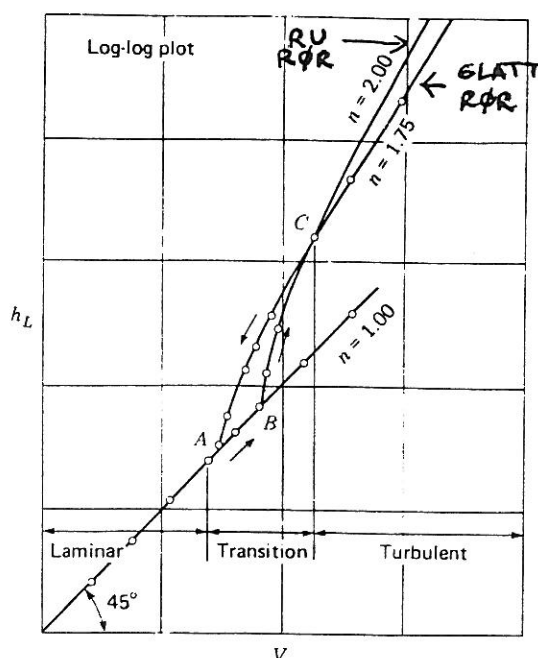


8. STASJONÆR INKOMPRESSIBEL RØRSTRØM

Betrakt stasjonær strøm i rør av væske (eller av gassstrøm med små trykkesvingninger). Skal uttrykkes uttrykt for friksjonsfaktor!

8.1 LAMINÆR OG TURBULENT STRØM

Energitap ved strømning i rett rør:
Tapshøyden observeres å gå som potens av hastigheten, med abrupt forandring av eksponent ved omslag laminær $\rightarrow$ turbulent:



$$h_L \sim V^n$$

$n = 1$ laminær strøm

$1.75 \lesssim n < 2$ turbulent strøm

Figure 8.1 Log-log plot for flow in a form pipe. ($n = 2.00$, rough-wall pipe; $n = 1.75$ smooth-wall pipe.)

Stykkevis oppførsel

$$h_L \sim V^n$$

Kritisk hastighet forskjellig ved økning og minskning:

Overgang laminær $\leftrightarrow$ turbulent er likevektss-
fenomen.

Vi kan dimensjonsanalyse, og vet at omslaget avgjøres av balansen mellom treghets- og friksjonskrefter:

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \text{ må avgjøre strømningsregimet (hvis rørruhet kan sees bort fra)}$$

Vi skal utlede et uttrykk for h_L .

8.2 KRITISK REYNOLDSTALL (Sylindrisk rett rør)

Måler: $(Re)_{\text{øvre}} \approx 4000$ (ustabil laminar strøm observeres opp til $Re \approx 50000$)

$(Re)_{\text{nedre}} \approx 2000$ (friksjon demper turbulens for lavere Re)

"Vanligvis"

$$(Re)_{\text{kritisk}} \equiv (Re)_{\text{nedre}}$$

Andre kilder sier 2100 eller 2300

(Man ser ofte referent $(Re)_{\text{kritisk}} \approx 2300$.)

Vann, 20°C : $\nu = 1.00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$V_{\text{kritisk}} \approx \frac{\nu}{D} (Re)_{\text{kritisk}}$$

$$= \frac{1.0 \cdot 10^{-6}}{0.025} 2000 \left(\frac{25 \text{ mm}}{D} \right) \text{ m/s} = \underline{\underline{0.08 \left(\frac{25 \text{ mm}}{D} \right) \text{ m/s}}}$$

Dette er en svært lav hastighet. De fleste vannstrømningsproblemer er turbulente.

For viskøse oljer kan man ofte ha laminar strøm.

Eksempel 8.1

Oljestrøm med $s = 0.85$, $\nu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $Q = 0.50 \text{ l/s}$,
rørdiameter 10 cm. Strømningsregime?

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{DQ}{A\nu} = \frac{4}{\pi} \frac{DQ}{D^2\nu}$$

$$= \frac{4}{\pi} \frac{Q}{D\nu}$$

$$= \frac{4}{\pi} \frac{0.0005}{0.1 \cdot 1.8 \cdot 10^{-5}} =$$

354

Strømmen må være laminar.

8.3 HYDRAULISK RADIUS

Definisjon av hydraulisk radius, R_h :

$$R_h = \frac{\text{tverrsnittsareal}}{\text{lengde av fuktet periferi}}$$

altå for sylindrisk rør:

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{1}{4} D$$

Begrepet R_h kan ta hensyn til innvirkning av form, og av at et rør ikke trenger å "renne fult".

Uklart hvor gode slike approksimasjoner er - men vanlig å erstatte i formel:

$$D \rightarrow 4R_h$$

og håpe på det beste!