

8.12 RØRS RUHET

Nikuradse utførte eksperimenter for å bestemme

$$f = \phi(Re, \frac{e}{D})$$

På bakgrunn av den fante Prandtl

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{Re \sqrt{f}}{2.51} \right)$$

"Glattrør-
loven"

Kompendium
avsnitt
12.3

(8.35)

Gjelder i praksis for alle "glatte rør" med $Re > 4000$.

I grensen av ru rør ($Re \rightarrow \infty$) fant
von Kármán at

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{3.7}{e/D} \right)$$

"Ru-rør-
loven"

(8.39)

Uavhengig av Re ! Hvorfor?

Intuitivt:

Hvis først $\delta_1 < e$, er det ikke lenger noe
som avhenger av Reynoldstallet -
i grensen $Re \rightarrow \infty$ må $f \rightarrow$ konstant

To "skjulte formuler" uten fysisk begrunnelse:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (\text{Colebrook}) \quad (8.40)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left(\left(\frac{e/D}{3.7} \right)^{1.1} + \frac{6.9}{Re} \right) \quad (\text{Haaland}) \quad (8.41)$$

Colebrook: Nøyaktighet $\pm 10-15\%$

Haaland: " $\pm 1.5\%$ for $4000 < Re < 10^8$
- samt er eksplisitt

OBS :

ingen entydig definition af ruhet findes;
 beskrivelsen her er in-parameter-beskrivelse.

$\frac{e}{D}$ kaldes relativ ruhet

Blasius (1913) fandt :

$$f = \frac{0.316}{Re^{1/4}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{"Glat" rør,} \\ 3000 < Re < 10^5 \end{array} \right\} \quad (8.37)$$

$$\frac{u}{u_{max}} = \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/2}, \quad y = r_0 - r \quad \left. \begin{array}{l} \text{"Glat" rør,} \\ 3000 < Re < 10^5 \end{array} \right\} \quad (8.38)$$

Dette er et tilpasningsudtryk; en
 potensafhængighed har ingen fysisk begrundelse.
 Stemmer med at man observerer at $h_L \sim V^{1.75}$
 for turbulent strøm i glatte rør.

8.13 DIAGRAM FOR FRIKSJONSAKTOR

Moody-diagrammet viser grafisk indholdet i de
 foregående ligninger.

PROJISER FIGUR 8.11

BESKRIV
 OMRÅDET I
 DIAGRAMMET

Typiske usikkerheder :

$\pm 5\%$ glatte rør

$\pm 10\%$ ru rør

Løsning på problemer ved brug af diagrammet,
 hvis hastighed ukendt :

Estimer en f -værdi, og iterer.

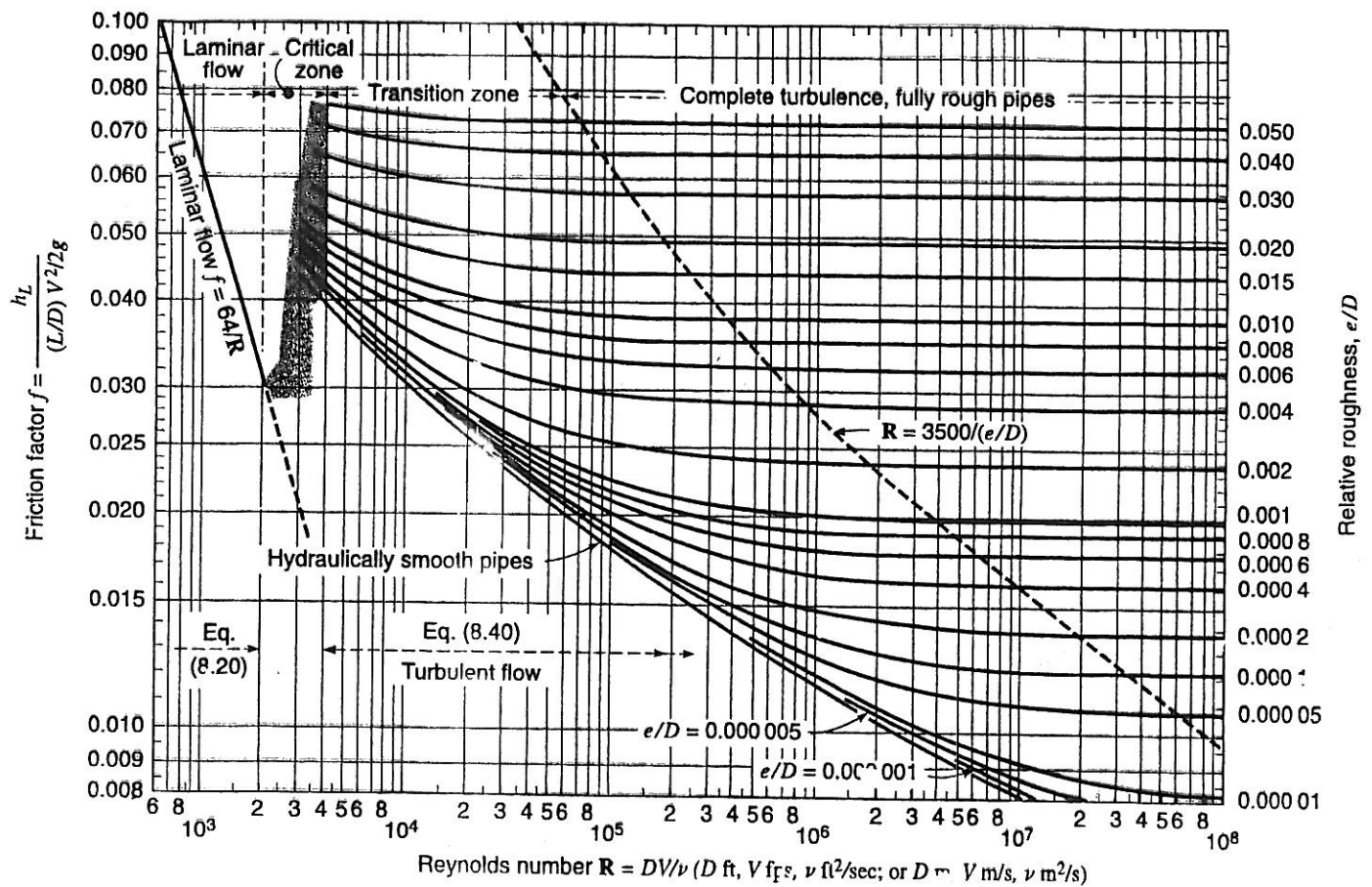


Table 8.1
Values of absolute roughness e for new commercial pipes

	Feet	Millimeters
Glass, plastic (smooth)	0.0	0.0
Drawn tubing, brass, lead, copper, centrifugally spun cement, bituminous lining, transite	0.000 005	0.0015
Commercial steel, wrought iron, welded-steel pipe	0.000 15	0.046
Asphalt-dipped cast iron	0.000 4	0.12
Galvanized iron	0.000 5	0.15
Cast iron, average	0.000 85	0.25
Wood stave	0.0006–0.003	0.18–0.9
Concrete	0.001–0.01	0.3–3
Riveted steel	0.003–0.03	0.9–9

8.14/8.15

LØSNING AV RØRSTRØMSPROBLEMER

For å bruke Moodydiagram (eller formuler):

Trenger e

PROJ. TABELL

OPS!

 e blir parameter som ikke nødvendigvis er like fysisk e !

Tre "generiske" problemtyper:

	TYPE	FINN	GITT
①	head-tap	h_L	$D, Q(V), g, L, e, \nu$
②	utløp	Q, V	$D, h_L, \text{---}''\text{---}$
③	dimensjonering	D	$Q, h_L, \text{---}''\text{---}$

- ①: Løses direkte ved oppslag i Moody-diagram
- ②: Ikke direkte løsning.
Bruk metode basert på at f varierer svært langsomt med Re .
Gjett en f -verdi (gjørne ruspensverdien), og iterer

Se her på type 2/3:

PROJISER EKS. 8.5/6