Universitetet i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

**EKSAMEN I:** BIT260 Fluidmekanikk **DATO:** 17. desember 2009

**TID FOR EKSAMEN:** kl. 09-13 (4 timer)

**TILLATTE HJELPEMIDDEL:** Bestemt, enkel kalkulator (kode C)
Én valgfri standard formelsamling

**OPPGAVESETTET BESTÅR AV 5 OPPGAVER PÅ 4 SIDER, INKL. DENNE FORSIDA**

**MERKNADER:** Moodydiagram trengs ikke i dette oppgavesettet!
I alle delspørsmål, *vis regninga* som fører til svaret!

**OPPGITT:**

Tabellverdier:

$g = 9.80665\ \mathrm{m/s^2}$ $\rho_{\text{vann}} = 998.2\ \mathrm{kg/m^3}$ $\nu_{\text{vann}} = 1.003 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^2/s}$

Formeluttrykk:

$F_h = \rho g h_c A$ $h_p = h_c + \dfrac{I_c}{h_c A}$ $I_c = \frac{1}{12} b h^3$ (rektangel)

$V_{\text{sylinder}} = \pi R^2 h$ $F_v =$ overliggende væsketyngde

$\Sigma \boldsymbol{F} = \rho Q(\boldsymbol{V}_{\text{ut}} - \boldsymbol{V}_{\text{inn}})$ $p_{\text{gauge}} = p_{\text{abs}} - p_{\text{atm}}$ $Q = \frac{\pi}{4} D^2 V$ $P_{\text{tap}} = \rho g Q h_L$

$\dfrac{p_1}{\rho g} + \dfrac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_P = \dfrac{p_2}{\rho g} + \dfrac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L$ $\Sigma A_{\text{inn}} V_{\text{inn}} = \Sigma A_{\text{ut}} V_{\text{ut}}$

$\nabla \cdot \boldsymbol{u} = \dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y}$ $\boldsymbol{\xi} = \nabla \times \boldsymbol{u}$ $(\nabla \times \boldsymbol{u})_z = \dfrac{\partial v}{\partial x} - \dfrac{\partial u}{\partial y}$

$h_L = f \dfrac{L}{D} \dfrac{V^2}{2g}$ $P_{\text{ut}} = \eta \rho g Q (z - h_L)$ $\delta_v = 5 \dfrac{\nu}{u_*}$ $u_* = V \sqrt{\dfrac{f}{8}}$

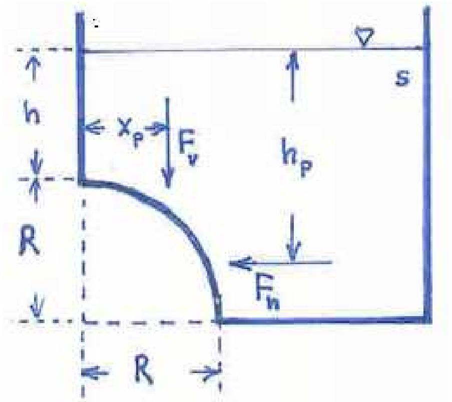
$\nu = \dfrac{\mu}{\rho}$ $\mathrm{Re} = \dfrac{VD}{\nu}$ $\mathrm{Fr} = \dfrac{V}{\sqrt{gL}}$

$F_I = \rho V^2 L^2$ $\mathrm{Fr} = \sqrt{F_I / F_G}$ $P = FV$

## Oppgave 1

En tank, vist i snitt i figuren, inneholder ei olje med spesifikk tetthet $s$ og temperatur $20\ ^{\mathrm{o}}$C. En del av bunnen er ei kvartsylinderflate med radius $R$. Oljehøyden over kvartsylinderens høyeste kant er $h$. Sylinderlengden (dvs. tankbredden loddrett på papirplanet) er $b$. Oljas resultantkraft mot kvartsylinderflata er $\boldsymbol{F}$. Tallverdier:

$h = 1.0\,\mathrm{m}$ $\quad R = 1.0\,\mathrm{m}$ $\quad b = 2.5\,\mathrm{m}$ $\quad s = 0.841$

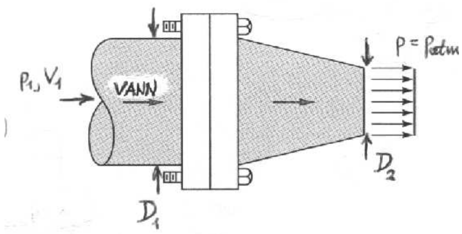



a) Regn ut $F_h$, horisontalkomponenten av $\boldsymbol{F}$, samt $h_p$, dybden til $F_h$'s angrepspunkt.
b) Regn ut $F_v$, vertikalkomponenten av $\boldsymbol{F}$.
c) Begrunn at kreftene mot sylinderflaten har $0$ totalt dreiemoment omkring sylinderaksen.
d) Regn ut $x_p$, avstanden fra veggen til $F_v$'s angrepspunkt. (Bruk resultatet fra forrige punkt.)

## Oppgave 2

Figuren viser ei dyse i enden av et rør. Den har innløpsdiameter $D_1$ og utløpsdiameter $D_2$, og sender en vannstråle ut i fri luft. All strøm er horisontal. Strømhastighet og gaugetrykk i røret rett oppstrøms for dysa er $V_1$ og $p_{1,\mathrm{g}}$. Oppgitte tallverdier:

$D_1 = 12$ cm $\quad D_2 = 6$ cm $\quad V_1 = 4$ m/s
$p_{1,\mathrm{g}} = 400$ kPa




a) Regn ut størrelse og fortegn på krafta $\boldsymbol{F}$ i strømretninga som vannet virker på dysen med.
b) Regn ut tapshead $h_L$ i dysen.
c) Regn ut størrelsen av effekten $P_{\text{tap}}$ som går tapt i dysa.

## Oppgave 3

Vi har et todimensjonalt hastighetsfelt

$$u = -2Kx \;, \qquad v = 2Ky$$

der $K$ er en konstant.

a) Oppfyller strømfeltet kontinuitetslikninga?

b) Vis ved regning at strømfeltet er virvlingsfritt.

c) Vis ved integrasjon at hastighetspotensialet er gitt som

$$\phi = K(x^2 - y^2) + C \qquad (C \text{ konstant})$$

d) Skisser, helt skjematisk, et par strømlinjer i første kvadrant, med strømretningspiler påtegnet for $K > 0$.

## Oppgave 4

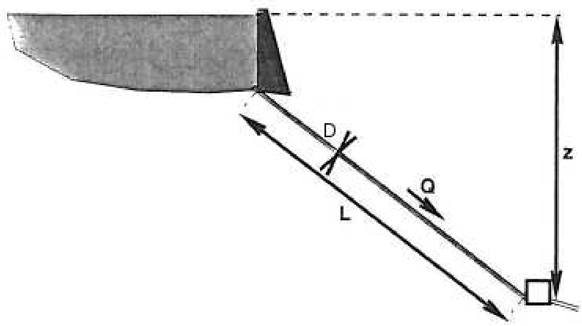
Figuren viser skjematisk vannkraftverket Myruverkid på Færøyane. Et rør med lengde $L$ og diameter $D$ går fra reservoaret til turbinen, med vannoverflata i høyde $z$ over turbinen. Ved volumetrisk strømrate $Q$ leverer generatoren effekten $P_{\text{ut}}$ til elnettet, med tilsvarende total tapshead i strømmen fram til turbinen lik $h_L$. Tallverdier, der $V_{\text{stråle}}$ er strålehastigheten i turbinen:

$L = 490\,\text{m}$ $\quad$ $D = 1.0\,\text{m}$

$z = 239\,\text{m}$ $\quad$ $Q = 1.3\,\text{m}^3\text{s}^{-1}$

$P_{\text{ut}} = 2.4 \times 10^6\,\text{W}$

$h_{\text{L}} = 0.0035\, V_{\text{stråle}}^2 / 2g$




a) Finn $V_{\text{stråle}}$ og dermed strålediameteren $d$ fra Bernoullis likning med tapsledd.

b) Beregn $\eta$, den samlede effektiviteten til turbin og generator, ut fra total energihead $(z - h_{\text{L}})$ i vannstrålen. *(Bruk $h_L$-uttrykket ovenfor.)*

c) Anta at $h_{\text{L}}$ hovedsakelig skyldes friksjonen i røret, og finn ut fra det friksjonsfaktoren $f$. *(Sammenlikn tapsledduttrykket ovenfor med det generelle på side 1, og husk at i røret er det en annen strømhastighet, $V = V_{\text{rør}}$, enn i strålen ved turbinen.)*

d) Beregn $\delta_{\text{v}}$, den nominelle tykkelsen av det viskøse subsjiktet i røret.

**Oppgave 5**

Et neddykket legeme skal bevege seg horisontalt med hastighet $V_p$ gjennom vann. En modell med modellforhold $\lambda = L_m/L_p$ blir testet i vann ved samme temperatur. Tallverdier:

$V_p = 15.0$ m/s $\qquad \lambda = 6.0$

a) Regn ut modellhastigheten $V_m$ for det neddykkete legemet ved dynamisk similaritet.

En modell av en båt med modellforhold $\lambda$ har en målt bølgemotstand $F_{Gm}$ ved hastighet $V_m$ under testing i vann. Tallverdier:

$V_m = 1.2$ m/s $\qquad F_{Gm} = 0.02125$ N $\qquad \lambda = 1/49$

b) Finn tilsvarende bølgemotstand $F_{Gp}$ og hastighet $V_p$ for prototypen av båten ved dynamisk similaritet.

c) Finn effektbehovet $P_p$ for motoren i protypen av båten.

– God jul –