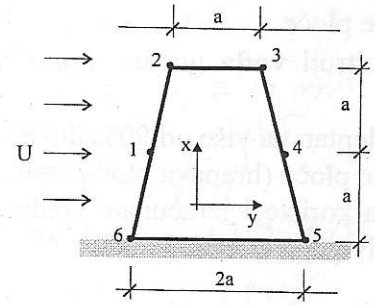
ZADACI ZA DOMAĆI RAD

ZADATAK 9.3

Razmatra se uticaj vetra brzine U=(α+β)/2 m/s na objekat šematski prikazan na slici (a=β/2m). Krov je od materijala sa apsolutnom hrapavošću k=5 mm. Gustina vazduha iznosi ρ_{vaz}= 1.2 kg/m^3, a dinamička viskoznost vazduha $\mu = 1.78 \times 10^{-4}$ gr/cms. Odrediti:

a) Ukupnu silu (silu otpora trenja u Y pravcu i silu otpora oblika u X pravcu) koja deluje na krov zgrade, od tačke 2 do tačke 3.
b) Silu otpora oblika za celu zgradu u pravcima x i y.



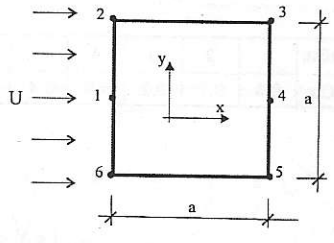
tačka	1	2	3	4	5	6
Cp	1.0	0.8	-0.4	-0.9	-0.4	0.8

ZADATAK 9.4

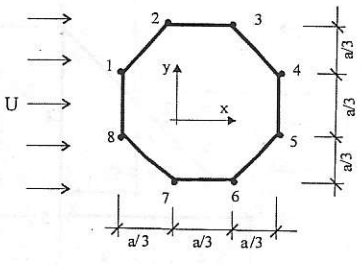
Razmatra se oblik poprečnih preseka mostovskih stubova. Biće usvojena povoljnija varijanta, tj. onaj oblik koji daje manju silu otpora tečenju. Zbog potreba ispitivanja, napravljeni su modeli stubova preseka kao na slici ($a=\frac{(\alpha+\beta)}{5}$ cm). Laboratorijska merenja se izvode sa vazduhom (ρ_{vazd}=1.2 kg/m^3) brzine U=20 m/s.

a) Izračunati sile otpora oblika u pravcima X i Y, kao i odgovarajuće koeficijente sile otpora C_{FX} i C_{FY} za oba predložena oblika stuba.
b) Pokazati koja je varijanta oblika stuba bolja.
c) Ukoliko su laboratorijski modeli rađeni u razmeri 1:50 i ukoliko voda teče brzinom U=α/2 m/s, za potrebe prjektovanja izračuanti sile otpora na stub sa povoljnijom geometrijom koristeći već određene koeficijente sile.

tačka	1	2	3	4	5	6
Cp	1.0	0.8	-0.9	-0.9	-0.9	0.8



tačka	1	2	3	4	5	6	7	8
Cp	0.8	-0.8	-0.9	-0.7	-0.7	0.9	-0.8	0.8



ZADACI ZA OVERU PRISUSTVA NA VEŽBAMA

(Napomena: slike kotirati u metrima, a ne u opštim brojevima)

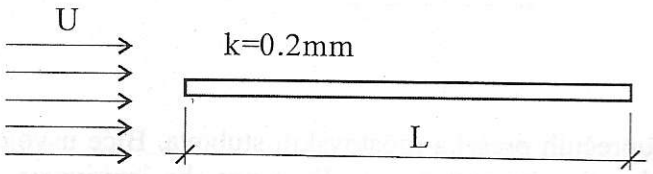
ZADATAK 9.1

Proučava se otpor trenja uz ravnu ploču dužine L=10 m velike širine (problem je ravanski), koja je postavljena paralelno sa fluidnom strujom.

a) Oko ploče, brzinom U = (α+β)/100 m/s, struji **vazduh** gustine ρ_{vaz}= 1.2 kg/m^3 i dinamičke viskoznosti $\mu = 1.78 \times 10^{-4}$ gr/cms.
   - Pokazati da je granični sloj celom dužinom laminaran.
   - Odrediti silu trenja F na 1'm širine ploče.

b) Oko ploče, brzinom U =(α+β)/2 m/s, struji **voda** gustine ρ_{vode}= 1.0 kg/dm^3 i dinamičke viskoznosti $\mu = 1 \times 10^{-2}$ gr/cms.
   - Pokazati da je granični sloj turbulentan na više od 90% dužine ploče.
   - Odrediti silu trenja F na 1'm širine ploče (hrapava ploča, k=0.2 mm).

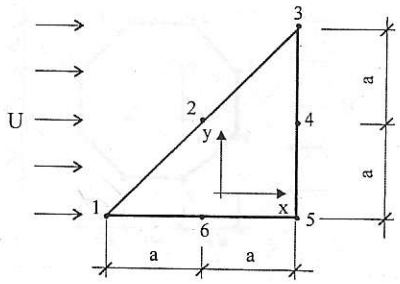
c) Nacrtati dijagram tangencijalnog napona koristeći izračunate vrednosti u tačkama x=[0, L/4, L/2, 3L/4, L] za vazduh i vodu na dva odvojena crteža.



ZADATAK 9.2

Na modelu se ispituje uticaj vetra na stub trougaonog poprečnog preseka čije su dimenzije date na skici ($a=\frac{\alpha+\beta}{2}$ cm) . Brzina ravnomerne vazdušne struje je U = (α+β)/2 m/s (gustina vazduha je ρ = 1.2 kg/m^3). U označenim tačkama su mereni pritisci, a dobijeni koeficijenti pritiska Cp su dati u tabeli.

a) Izračunati pritiske u označenim tačkama.
b) Izračunati sile otpora oblika u pravcima X i Y na 1'm visine stuba.
c) Izračunati odgovarajuće koeficijente sile otpora C_{FX} i C_{FY} (kao merodavna površina poprečnog preseka se uzima maksimalna površina poprečnog preseka stuba, normalnog na pravac strujanja).



tačka	1	2	3	4	5	6
Cp	0.8	0.7	0.2	-0.9	-0.4	-0.2

9.1) $L = 10\,m$

$a/U = 0{,}38\ m^4/s$

$Re(L) = \frac{\rho_{vz} U \cdot L}{\mu} = 26\,089{,}88$ < Re kritično

$\rho_{vz} = 1{,}2\ kg/m^3$

$\mu = 1{,}48 \cdot 10^{-4}\ gr/cm\,s = 1{,}48 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-2}} = 1{,}78 \cdot 10^{-5}\ \frac{kg}{ms}$ laminarno

$F = -?$

$F = F_T + F_{OB}$ $\quad C_F(L) = \frac{1{,}4}{\sqrt{Re(L)}} = 2{,}74 \cdot 10^{-3}$ $\quad A = 2LB = 20\,m^2$

$F = C_F \cdot \frac{1}{2} \rho_{vzd} U^2 A = 4{,}92 \cdot 10^{-3}\ N$

d) $U = 19{,}35\ m/s$ $\quad \mu = 10^{-3}\ \frac{kg}{ms}$

$\rho = 1000\ kg/m^3$

$Re(L) = \frac{U \cdot L}{\nu} = 193{,}5 \cdot 10^6$ > Re krit

=> slój z turbulentami

$Re(0{,}1L) = 19{,}35 \cdot 10^6$ > Re krit

$k = 0{,}2\ mm$

$C_F(L) = 0{,}032 \left(\frac{k}{L} + \frac{50}{Re(L)} \right)^{1/5}$ => $C_F(L) = 3{,}68 \cdot 10^{-3}$

$F = C_F \cdot \frac{1}{2} \rho_{vzd} U^2 A = 13\,498{,}53\ N$

c) $\bar{c}(x) = C_{\bar{c}} \frac{1}{2} \rho \cdot U^2$ $\quad C_{\bar{c}} = \frac{0{,}41}{\sqrt{Re(x)}}$

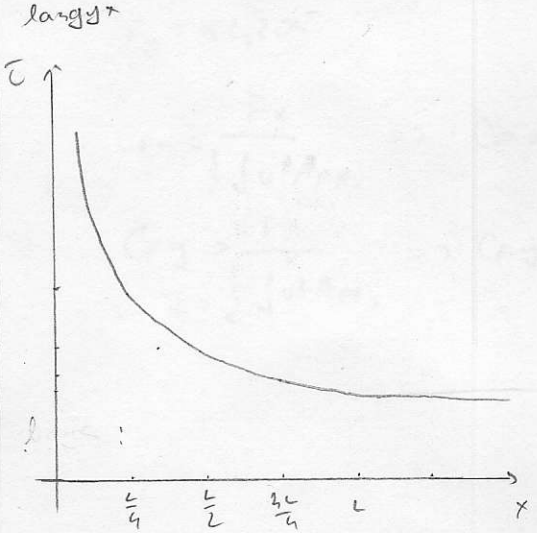
$x = 0$ => $Re(0) = 0$ => $C_{\bar{c}} = \infty$ => $\bar{c}(x) = \infty$ $\quad Re(x) = 26089 \cdot x$

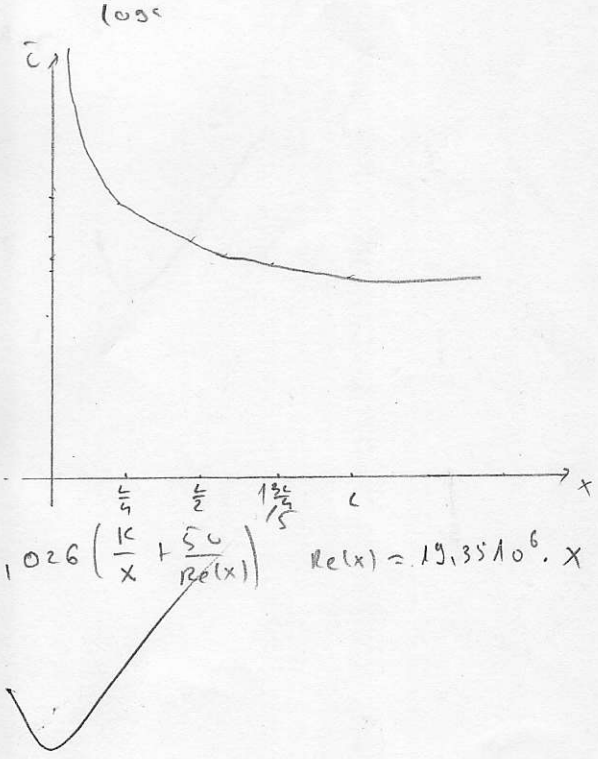
$x = L/4$ => $Re(\frac{L}{4}) = 6522{,}7$ => $\bar{c}(\frac{L}{4}) = 2{,}46 \cdot 10^{-4}$

$x = L/2$ => $Re(\frac{L}{2}) = 13044{,}44$ => $\bar{c}(\frac{L}{2}) = 1{,}74 \cdot 10^{-4}$

$x = \frac{3L}{4}$ => $Re(\frac{3L}{4}) = 19567{,}157$ => $\bar{c}(\frac{3L}{4}) = 1{,}42 \cdot 10^{-4}$

$x = L$ => $Re(L) = 26089{,}88$ => $\bar{c}(L) = 1{,}25 \cdot 10^{-4}$





loga: $\bar{c}(x) = C_{\bar{c}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2$

$C_{\bar{c}} = 0{,}026 \left(\frac{k}{x} + \frac{50}{Re(x)} \right)$ $\quad Re(x) = 19{,}35 \cdot 10^6 \cdot x$

$x = 0$: $\bar{c}(0) = +\infty$

$x = \frac{L}{4}$ => $\bar{c}(\frac{L}{4}) = 439{,}62$

$x = \frac{L}{2}$ => $\bar{c}(\frac{L}{2}) = 643{,}5$

$x = \frac{3L}{4}$ => $\bar{c}(\frac{3L}{4}) = 593{,}46$

$x = L$ => $\bar{c}(L) = 560{,}57$

9.2

$a = 19{,}35\,cm = 0{,}1935\,m$

$v = 19{,}35\,m/s$

$\rho = 1{,}2\,kg/m^3$

a) $p = \frac{1}{2}\rho v^2 c_p$

$p = \frac{1}{2} \cdot 1{,}2 \cdot 19{,}35^2 \cdot c_p$

$p = 224{,}65 \cdot c_p$

$p_1 = 149{,}72$

$p_2 = 154{,}25$

$p_3 = 44{,}93$

$p_4 = -202{,}185$

$p_5 = -89{,}86$

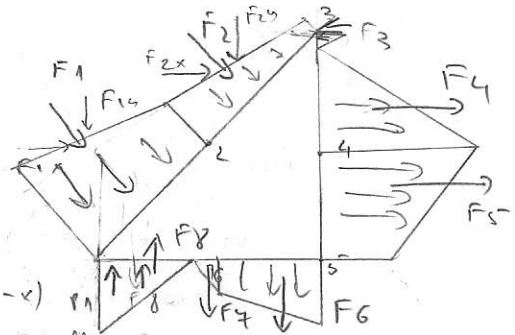
$p_6 = -44{,}93$

$44{,}93 : 149{,}72 = y : (a-y)$

$149{,}72\,y = 44{,}93\,a - 44{,}93\,y$

$224{,}65\,y = 8{,}69$

$y = 0{,}039\,m$



$p_3 : |p_4| = x : (a-x)$

$202{,}185 \cdot x = 44{,}93 \cdot a - 44{,}93\,x$

$44{,}93 \cdot 0{,}1935 = 246{,}115\,x$

$x = 0{,}035\,m$

$F_1 = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot a\sqrt{2} \cdot 1 = 46{,}12\,N$ $\quad F_2 = 24{,}66$

$F_3 = \frac{p_3 \cdot x}{2} = 0{,}486\,N$ $\quad F_4 = \frac{p_4 \cdot (a-x)}{2} = -16{,}023\,N$

$F_5 = \frac{p_4 + p_5}{2} \cdot a = -28{,}25\,N$ $\quad F_6 = \frac{p_6 + p_5}{2} \cdot a = 13{,}04\,N$

$F_7 = \frac{p_6 \cdot y}{2} = -0{,}876\,N$ $\quad F_8 = \frac{p_1 \cdot (a-y)}{2} = 13{,}883\,N$

$F_{1x} = F_{1y} = \frac{46{,}12}{\sqrt{2}} = 32{,}612\,N$

$F_{2x} = F_{2y} = \frac{24{,}66}{\sqrt{2}} = 19{,}56\,N$

$F_x = 95{,}65\,N$

$F_y = 52{,}20\,N$

$$C_F = \frac{F}{\frac{1}{2}\rho v^2 A_{pp}}$$

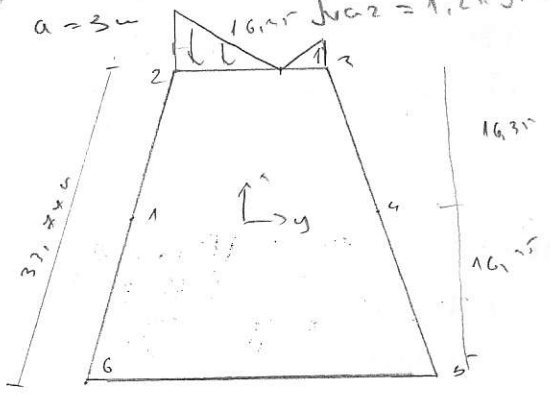
$$C_{Fx} = \frac{F_x}{\frac{1}{2}\rho v^2 A_{pp_x}} \Rightarrow C_{Fx} = 1{,}1005$$

$$C_{Fy} = \frac{F_y}{\frac{1}{2}\rho v^2 A_{pp_y}} \Rightarrow C_{Fy} = 0{,}6005$$

9.3)

a) $U = 19,35 \frac{m}{s}$ $\quad k = 5\mu m$

$a = 3m$ $\quad \rho_{vz} = 1,2 kg/m^3$



$\nu = 1,48 \cdot 10^{-4} \frac{cm^2}{s} = \frac{10^{-3}}{10^{-2}}$

$p = \frac{1}{2} \rho U^2 c_r$

$p_1 = 224,66 Pa$ $\quad p_4 = -202,19 Pa$

$p_2 = 149,72 Pa$ $\quad p_5 = -89,86 Pa$

$p_3 = -89,86 Pa$ $\quad p_6 = 149,72 Pa$

$F_1 = \frac{p_2 \cdot x}{2} = 979,474$

$F_2 = \frac{p_3 (16,35 - x)}{2} = 244,89$

$x : 149,72 = (16,35 - x) : 89,86$

$x = 10,9 -$

$F_{OT} = 754,6 N$

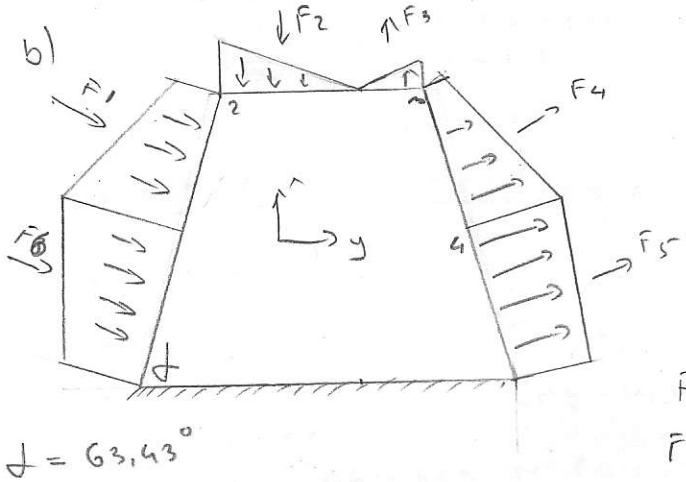
$Re(L) = \frac{\rho \cdot U \cdot L}{\mu} = 50 \cdot 10^6 > 1,5 \cdot 31 \cdot 10^6$ → слой не турбулентный

$Re(0,1L) = 5 \cdot 10^6 > 1,5 \cdot 31 \cdot 10^6$

$C_F = 0,072 \left(\frac{k}{L} + \frac{5}{Re(L)} \right)^{\frac{1}{5}} = 5,08 \cdot 10^{-2}$

$F = C_F \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot 31,4 = 34,32 N$

b)



$F_1 = 3407,91 N$

$F_2 = 979,474 N$

$F_3 = 244,87 N$

$F_4 = 2461,25 N$

$F_5 = 2461,25 N$

$F_6 = 3907,91$

$\alpha = 63,43°$

$F_{GG} y = F_{1y} = F_1 \sin\alpha = 3048 N$

$F_{GG} x = F_{1x} = F_1 \cos\alpha = 1524,31 N$

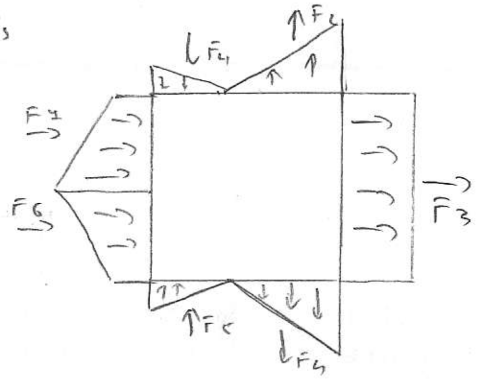
$F_{uc} y = 10498,62 N$

$F_{uc,x} = 867,206 N$

$F_{4y} = F_{5y} = 2201,31 N$

$F_{4,x} = F_{5x} = 1100,89 N$

3.4) $a = 7{,}74$ cm $\rho_{vaz} = 1{,}2\ kg/m^3$ $v = 20\ m/s$



$P_1 = 240$ Pa $P_4 = -216$ Pa

$P_2 = 192$ Pa $P_5 = -216$ Pa

$P_3 = -216$ Pa $P_6 = 192$ Pa

$x : 192 = (7{,}74 - x) : 216$

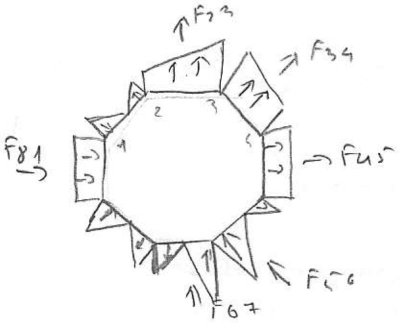
$x = 3{,}64$ cm

$F_1 = F_5 = 3{,}4944$ N $F_3 = 16{,}72$ N

$F_2 = F_4 = 4{,}428$ N $F_6 = F_7 = 8{,}36$

$F_y = 0$ $F_x = 33{,}44$ N

$C_F = \frac{F \cdot 2}{\rho v^2 A_{ref}}$ $C_{Fy} = 0$ $C_{Fx} = 1{,}8$



$P_1 = 192$ $P_5 = -168$

$P_2 = -192$ $P_6 = 216$

$P_3 = -216$ $P_7 = -192$

$P_4 = -167$ $P_8 = 192$

$x : 168 = (a\sqrt{2} - x) : 216$ $y : 192 = (2{,}58 - y) : 216$

$x = 1{,}6$ m $y = 1{,}21$ m

$F_{12} = 0$, $F_{71} = 0$ $F_{23} = 5{,}26$ $F_{34} = 7$ $F_{45} = 4{,}37$

$F_{56} = \frac{P_6 \cdot (a\sqrt{2} - x)}{2} - \frac{P_5 \cdot x}{2} = 0{,}87$ $F_{6,7} = P_6 \cdot \frac{(a-y)}{2} - \frac{P_7 \cdot y}{2} = 0{,}318$

$F_{81} = 4{,}95$ N

$F_x = 13{,}61$ N $C_{Fx} = \frac{2F}{\rho v^2 \cdot a} = 0{,}48$

$F_y = 11{,}14$ N $C_{Fy} = 0{,}6$

b) otpor je manji kad je C_F manje => 2. varijanta je bolja

c) $v = 3$ m/s $R = 1:50$ $C_F = 0{,}43$

$a = 7{,}74$ $a : a' = 1:50$

$a' = 387$ cm => 3,87 m

$7{,}74 : 13{,}61 = 387 : F_x'$ $7{,}74 : 11{,}14 = 387 : F_y'$

$F_x' = 680{,}5$ N $F_y' = 557$ N