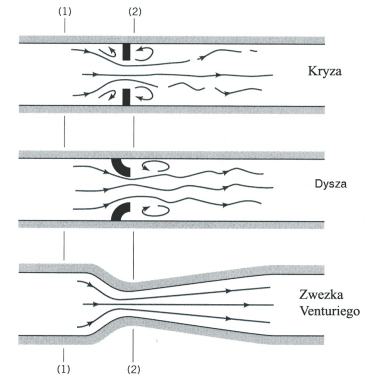


POMIAR STRUMIENIA PRZEPŁYWU METODĄ ZWĘŻKOWĄ - KRYZA.

Do pomiaru strumienia przepływu w rurach metodą zwężkową używa się trzech typów zwęzek pomiarowych. Są to kryzy, dysze oraz zwężki Venturiego. (rysunek obok)

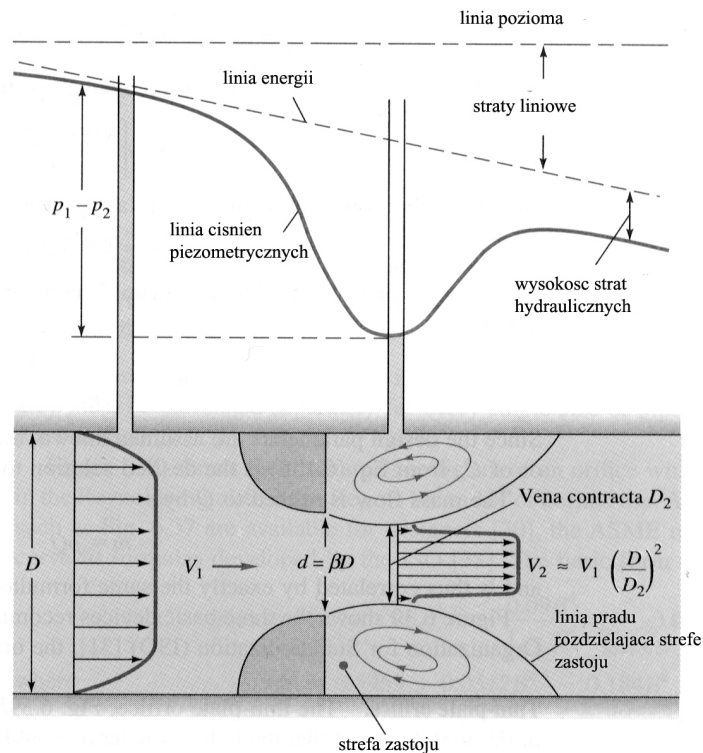
We wszystkich tych przyrządach występuje zwężenie przekroju przepływowego. Wywołuje to przewężenie głównego strumienia przepływu. Przewężenie charakteryzuje się *współczynnikiem przewężenia zwężki*



$$\beta = \frac{d}{D} \tag{1}$$

gdzie d jest średnicą przewężenia, D średnicą rurociągu. (rys 1).

Przewężenie wywołuje wzrost prędkości przepływu, a to pociąga za sobą spadek ciśnienia.



Rys.1 Schematyczne przedstawienie przepływu przez przewężenie

Z równania Bernoulliego zastosowanego do przekrojów przed i za zwężką oraz z równania ciągłości otrzymujemy:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 V_1 = \frac{\pi}{4} D_2^2 V_2$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 \quad (2)$$

przy czym D_2 zastosowano do przekroju strugi przewężonej. Zjawisko dodatkowego przewężenia strugi, wynikające z przepływu przez przekrój o ostrych krawędziach (zazwyczaj dotyczy to opływu krawędzi tworzących kąt prosty) nazywa się „*vena contracta*”. Ze względu na przewężenie strugi prędkość wewnątrz strugi jest większa niż w samym przewężeniu. Eliminując z równań prędkość V_1 przy pomocy równania ciągłości otrzymujemy równanie na strumień objętości:

$$q = A_2 V_2 = A_2 \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (3)$$

Równanie (3) nie jest jednak równaniem dokładnym. Nie uwzględnione zostały w równaniu energii straty hydrauliczne. W praktyce chcielibyśmy też uniknąć konieczności zajmowania się zjawiskiem *vena - contracta*. Dlatego przyjmuje się, że $\beta = d/D \approx D_2/D$. Wprowadza się do rozważań współczynnik przepływu C i kalibruje się pomiary zwężką dla wzoru:

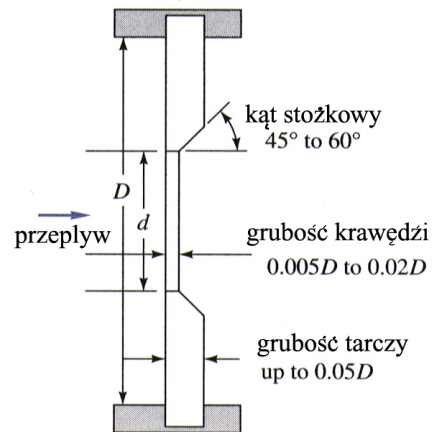
$$q = A_z \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (4)$$

gdzie A_z oznacza przekrój zwężki, $A_z = \pi d^2/4$. Z analizy wymiarowej można wywnioskować, że C jest funkcją β oraz Re_D , $C = f(\beta, Re_D)$, gdzie $Re_D = V_1 D/\nu$. Czasami wprowadza się również do rozważań liczbę Reynoldsa zdefiniowaną względem średnicy d i prędkości V_p w przewężeniu, $Re_d = V_p d/\nu$. Łatwo sprawdzić, że $Re_D = \beta Re_d$.

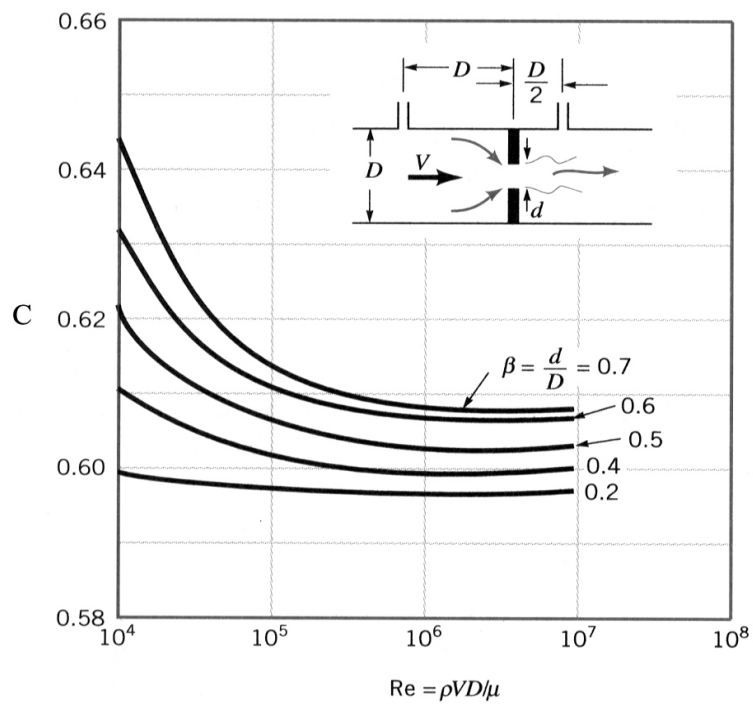
A. Kryza

Kryza (tarcza z odpowiednio ukształtowanym otworem) przedstawiona jest na rys. 2. Na rys. 3 przedstawiono wykres współczynnika przepływu w zależności od liczby Reynoldsa i przewężenia zwężki.

Współczynnik C zależy również od sposobu odbioru ciśnienia statycznego. Wyróżnia się odbiór ciśnienia typu D i D/2 (zaznaczony na rys.3), przytarczowy i kołnierzowy.



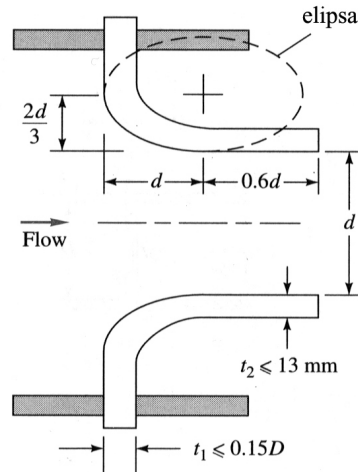
Rys.2 Kryza pomiarowa wg ISO 1932



Rys.3 Wykres zależności współczynnika przepływu C w zależności od Re oraz β dla kryzy.

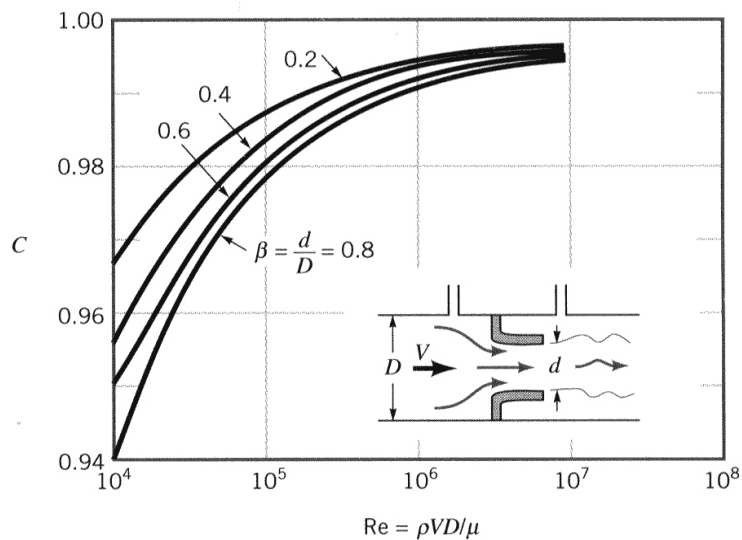
B. Dysza

Na rys. 4 przedstawiono przekrój dyszy, a na rys. 5 wykres zależności współczynnika przepływu od liczby Reynoldsa i przewężenia zwężki β .



Rys. 4 Kształt dyszy pomiarowej według ISO 1932

Zwraca uwagę fakt, że współczynnik przepływu jest bliski jedności i słabo zależy od współczynnika przewężenia β .

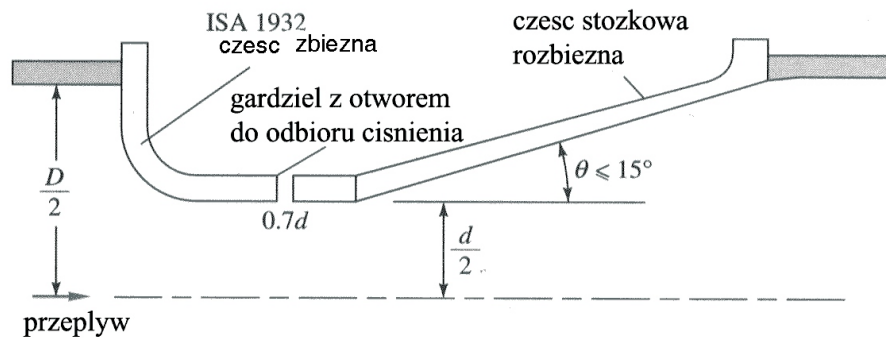


Rys. 5. Wykresy zależności współczynnika przepływu od liczby Re oraz β dla kryzy.

C. Zwężka Venturiego

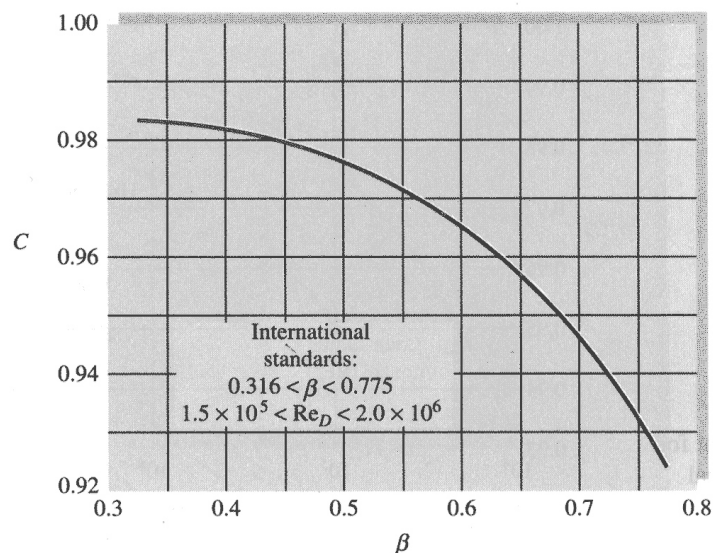
Wyróżnia się *klasyczne zwężki Venturiego* oraz *dysze Venturiego*. *Klasyczna zwężka Venturiego* charakteryzuje się stożkową częścią zbieżną o kącie 21° , odcinkiem prostym o stałej średnicy (gardziel) i stożkową częścią rozbieżną o kącie od 7° do 15° . Współczynniki przepływu dla zwężki jest bliski jedności.

Na rys 6. przedstawiono dyszę Venturiego z dyfuzorowym wejściem i stożkową częścią wyjściową o kącie nie większym niż 15° . Ten typ zwężki Venturiego przeznaczony jest do pracy w stosunkowo wąskim zakresie liczb Reynoldsa od $1.5 \cdot 10^5$ do $2 \cdot 10^6$.

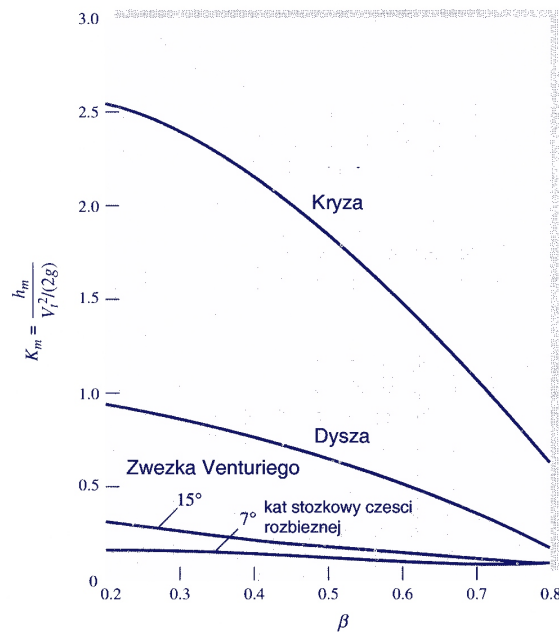


Rys.6 Kształt dyszy Venturiego (ISO)

Wykres zależności współczynnika C od liczby Reynoldsa dla dyszy Venturiego przedstawiono na rys.7.



Rys.7 Zależność liczby przepływu od współczynnika przewężenia β dla dyszy Venturiego (ISO).



Rys. 8. Wykresy wysokości strat hydraulicznych odniesionych do wysokości prędkości w przewężeniu

Na rys.8 przedstawiono wykresy porównawczy zależności strat hydraulicznych h_m odniesionych do wysokości prędkości w przewężeniu $V^2/2g$ w zależności od liczby Reynoldsa dla wszystkich zwęzek. Z wykresu widać, że największe straty hydrauliczne wytwarza przepływ przez kryzę, najmniejsze otrzymuje się dla zwężki Venturiego.

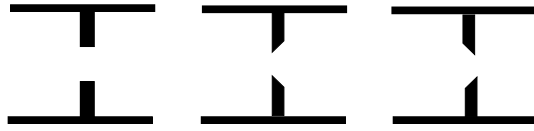
PROGRAM ĆWICZENIA.

1. Wyznaczyć zależność współczynnika przepływu C dla trzech różnych kształtów otworu tarczy zwężki przedstawionych na rysunku 9 w zależności od liczby Reynoldsa i współczynnika przewężenia zwężki. Odczytów ciśnienia statycznego dokonywać w systemie D, D/2, czyli w odległości jednej średnicy przed kryzą i D/2 za kryzą. Ciśnienie odczytywać "punktowo" (nie z wykresu rozkładu ciśnienia) zadając $(x=1.8, y=0.1)$ oraz $(x=2.1, y=0.1)$ (układ współrzędnych ulokowany jest w środku rurociągu, średnica rurociągu wynosi $D=0.2$). Na wlocie do rurociągu zadajemy równomierny profil prędkości U . Stąd znamy strumień objętości w rurociągu $q=UA_1$. Współczynnik przepływu obliczamy ze wzoru (4):

$$C = \frac{q \sqrt{1 - \beta^4}}{A_z \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}} \quad (5)$$

Laboratorium komputerowe z wybranych zagadnień z mechaniki płynów.

Porównać, z współczynnikiem podawanym przez program. Do obliczeń przyjąć $Re_D = 5 \cdot 10^4, 10^5$ oraz $5 \cdot 10^5$; $\beta = 0.4, 0.5, 0.6$.



Rys. 9 Kształty otworu kryzy przyjęte do badań numerycznych

2. Przeprowadzić analizę wskazującą, który kształt kryzy byłby najkorzystniejszy z punktu widzenia najmniejszych strat hydraulicznych oraz najkrótszej strefy recyrkulacyjnej za zwężką. Sporządzić zależność $\Delta p / \rho V_p^2 / 2 = f(Re, \beta)$ dla każdego rodzaju kształtu otworu kryzy. Zwrócić uwagę, że w programie podawana jest liczba Reynoldsa dla przewężenia Re_d .