



**Politechnika
Śląska**



Andrex
VALVE GROUP

**XII KONFERENCJA TECHNICZNA
ARMATURA PRZEMYSŁOWA**

„Dobór zaworu regulacyjnego do instalacji przemysłowej z uwzględnieniem źródła ciśnienia i aktuatora”

Dr inż. Mariusz Wnęk

***Politechnika Śląska rozwija nowe aplikacje
z Zespołem Auma Polska Sp. z o.o.***

Wstęp

Przepływy różnego rodzaju płynów (gazów i cieczy), występują w prawie każdym procesie produkcyjnym. Wymagają one wysokiej jakości elementów nastawczych i pomiarowych, aby zapewnić właściwą jakość regulacji.

Najczęstszą wielkością sterującą lub regulowaną w układach technologii przemysłowych jest m.in. strumień płynów.

Klasyczne elementy zaworowe, nazywane nawet regulacyjnymi, nie są w stanie zapewnić dobrych przepływowych charakterystyk regulacyjnych.

Charakterystyki przepływowe elementów nastawczych

Dla przepływów turbulentnych m^* (płynący przez element nastawczy) opisuje r-nie wynikające z bilansu energii strugi

$$\dot{m} = 3600 A_N \alpha \varepsilon_1 \sqrt{2 \Delta p_N \rho_1} \quad \text{kg/h}$$

Na strumień masy płynu mają wpływ:

- parametry termodynamiczne p_1 , p_2 i T_1 poprzez α , ε_1 , ρ_1 , Δp_N ;
- parametry konstrukcyjne elementu nastawczego takie, jak wymiary i stopień otwarcia poprzez A_N .

Dla oddzielenia tych wpływów wprowadzono pojęcia dwóch charakterystyk przepływowych:

- podstawowej,
- roboczej (regulacyjnej).

Podstawowa charakterystyka przepływowa

Podstawowa charakterystyka przepływowa określa związek między strumieniem płynu a stopniem otwarcia, przy niezmiennym spadku ciśnienia w elemencie nastawczym $\Delta p_N = \text{idem}$.

Współczynnik K_V wyraża strumień wody V^* w m^3/h o gęstości $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$ i kinematycznym współczynniku lepkości $\nu_1 = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, który przepływa przez element nastawczy o średnicy nominalnej D_N przy stopniu otwarcia X i spadku ciśnienia $\Delta p_N = 98,1 \text{ kPa} = \text{idem}$.

$$K_V = 0,865 C_V$$

The flow coefficient C_V is defined as the volume flow rate in US gallons per minute of water at a temperature of 60°F with a pressure drop across the valve of 1 psi.

Stanowisko badawcze

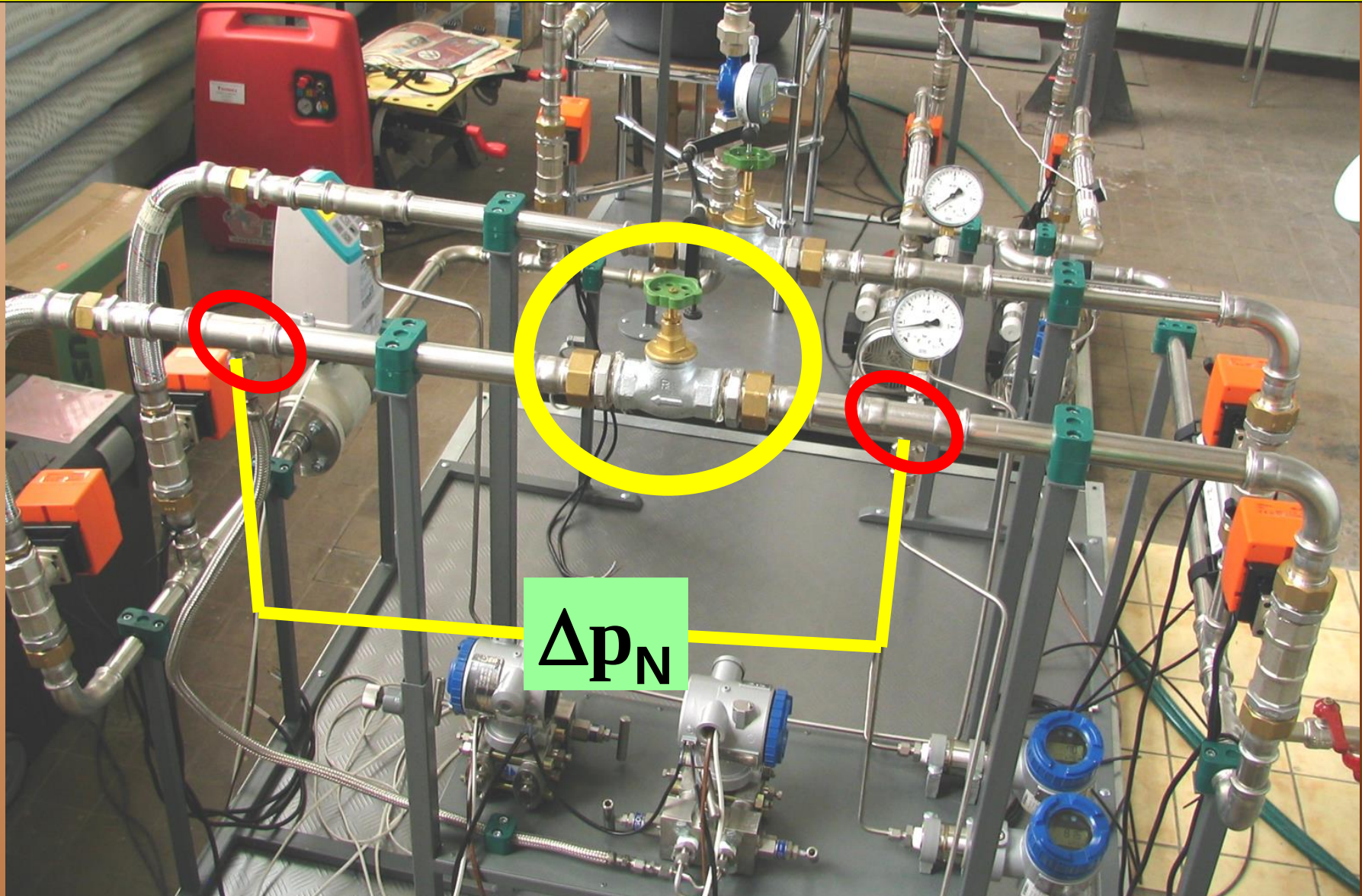
Δp_N

p_{N1}

$\dot{m}$ lub $\dot{V}$

T

p_z

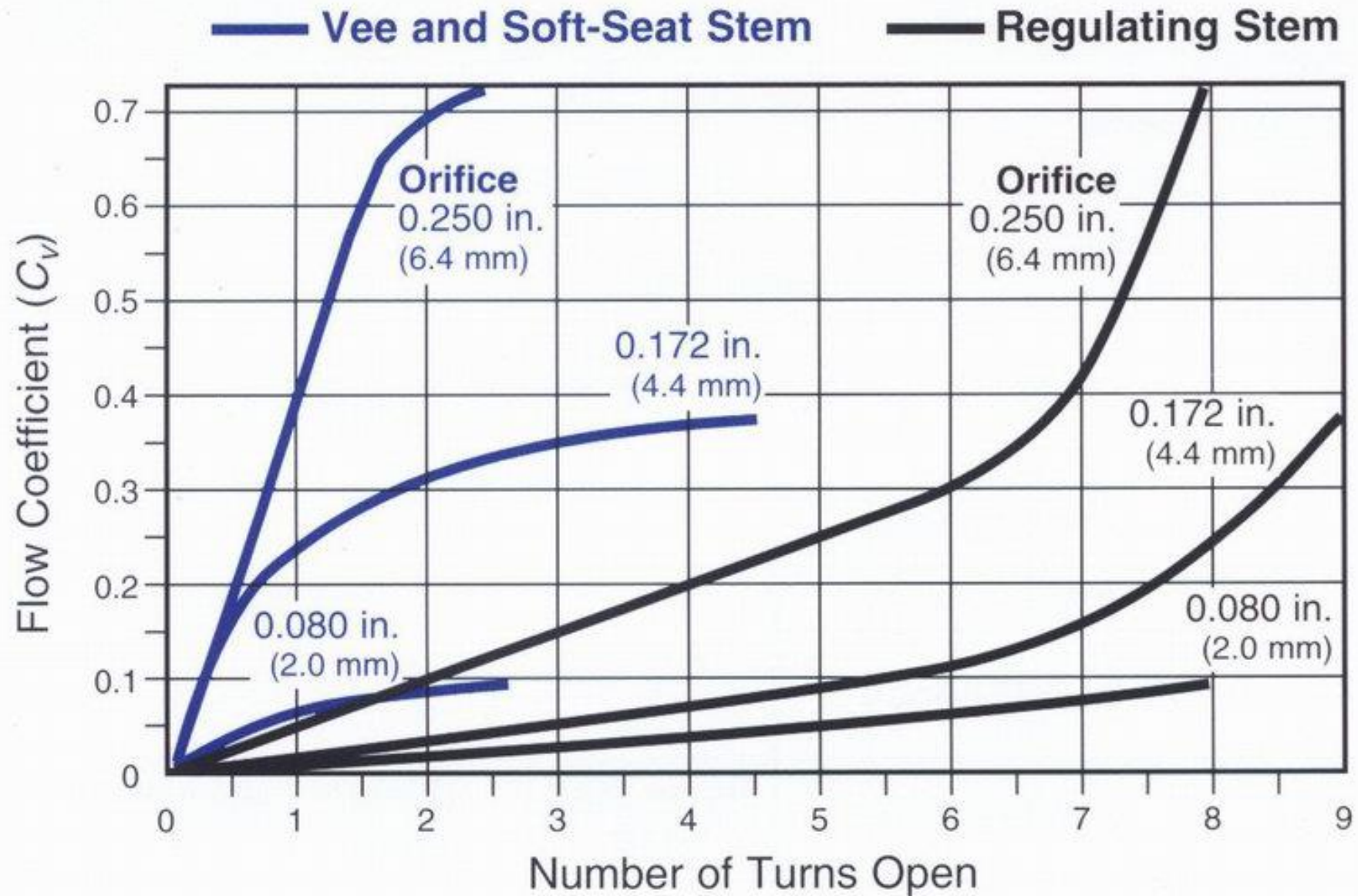


Podstawowe charakterystyki przepływowe przepustnic

Współczynnik przepływu K_v przepustnic mimośrodowych nr kat. 497

Średnica nominalna D_N	Kąt otwarcia przepustnicy								
	10 °	20 °	30 °	40 °	50 °	60 °	70 °	80 °	90 °
	Wartość K_v w m ³ /h								
80	-	20	36	62	100	150	215	280	345
100	15	34	62	100	160	250	350	460	560
125	24	53	100	165	260	390	560	740	900
150	37	80	140	240	370	550	760	1030	1260
200	68	135	250	425	675	1030	1440	1890	2340
250	90	200	380	635	1000	1530	2170	2800	3530
300	135	305	545	915	1440	2170	3070	2270	4980
350	180	400	720	1240	1980	2940	4150	5620	6870
400	250	550	990	1730	2800	4150	5970	8090	10000
500	390	870	1600	2720	4280	6350	9130	12400	14000

Podstawowe charakterystyki przepływowe



Podstawowa charakterystyka przepływowa

$$\dot{m} = 3600 A_N \alpha \varepsilon_1 \sqrt{2 \Delta p_N \rho_1}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_1} = 3600 A_N \alpha \varepsilon_1 \sqrt{2 \frac{\Delta p_N}{\rho_1}}$$

Podstawienie parametrów definiujących K_v

$$K_v = \dot{V} = 3600 A_N \alpha \sqrt{2 \frac{98100}{1000}} = 50425,71 A_N \alpha$$

$$\dot{m} = 0,101 K_v \varepsilon_1 \sqrt{\Delta p_N \rho_1}$$

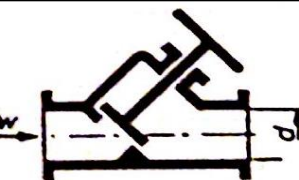
Podstawowa charakterystyka przepływowa

$$\dot{m} = 0,101 K_V \varepsilon_1 \sqrt{\Delta p_N \rho_1}$$

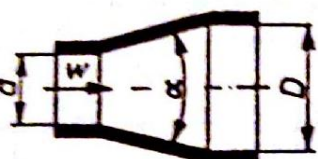
$$K_{V0} = 9,9 \frac{\dot{m}_{\max}}{\varepsilon_1 \sqrt{\Delta p_{N0} \rho_1}}$$

Średnica nominalna D_N	Kąt otwarcia przepustnicy								
	10 °	20 °	30 °	40 °	50 °	60 °	70 °	80 °	90 °
	Wartość K_V w m ³ /h								
80	-	20	36	62	100	150	215	280	345
100	15	34	62	100	160	250	350	460	560
125	24	53	100	165	260	390	560	740	900
150	37	80	140	240	370	550	760	1030	1260
200	68	135	250	425	675	1030	1440	1890	2340
250	90	200	380	635	1000	1530	2170	2800	3530
300	135	305	545	915	1440	2170	3070	2270	4980
350	180	400	720	1240	1980	2940	4150	5620	6870
400	250	550	990	1730	2800	4150	5970	8090	10000
500	390	870	1600	2720	4280	6350	9130	12400	14000

Współczynnik strat ciśnienia Z (wg PN)

	zawór grzybko- wy skośny równo- przeloto- wy	Z wg następującego zestawienia										
		d,m	0,025	0,038	0,050	0,065	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250
		Z	1,04	0,85	0,73	0,65	0,60	0,50	0,46	0,42	0,36	0,32

	kolano gięte rura gładka $\frac{R}{d} > 1,5$ $0^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ $Re \geq 2 \cdot 10^5$	$Z = Z_T + Z_M$ $Z_T = 0,0175 \lambda \frac{R}{d} \alpha$ $Z_M = A 0,21 \sqrt{\frac{d}{R}}$			
		A wg następującego zestawienia			
		α	$\leq 70^\circ$	90°	$\geq 100^\circ$
		A	$0,9 \sin \alpha$	1,0	$0,7 + 0,35 \frac{\alpha}{90}$

	dyfuzor stożkowy $0^\circ < \alpha < 40^\circ$	$Z = Z_0 + Z_T$ $Z_0 = 3,2 \lg \frac{\alpha}{2} \sqrt{\lg \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$ $Z_T = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left[1 - \left(\frac{d^2}{D^2}\right)^2\right]$	

Podstawowa charakterystyka przepływowa

$$\dot{m} = 0,101 K_v \varepsilon_1 \sqrt{\Delta p_N \rho_1}$$

$$K_{v0} = 9,9 \frac{\dot{m}_{\max}}{\varepsilon_1 \sqrt{\Delta p_{N0} \rho_1}}$$

Liczba lokalnego oporu przepływu Z_N

$$\Delta p_N = \frac{1}{2} Z_N w_N^2 \rho_1 \longrightarrow Z_N = \frac{2 \Delta p_N}{w_N^2 \rho_1}$$

$$\Delta p_N = 98100 \text{ Pa}, \quad \rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3, \quad w_N = \frac{K_v}{3600 A_{N\max}}, \quad A_{N\max} = \frac{\pi}{4} D_N^2$$

$$Z_N(X) = 15,7 \cdot 10^8 \left[\frac{D_N^2}{K_v(X)} \right]^2$$

Robocza charakterystyka przepływowa

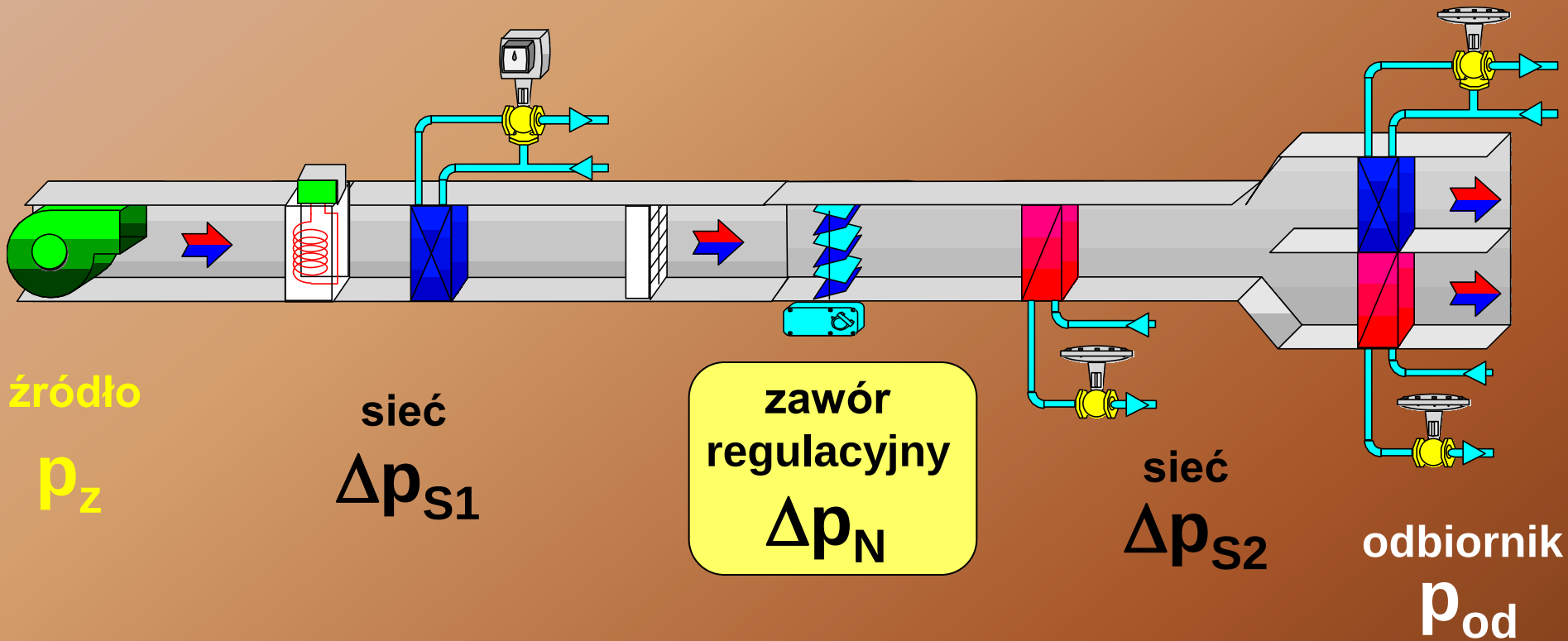
Robocza charakterystyka przepływowa określa związek między strumieniem płynu a stopniem otwarcia przy zmiennym spadku ciśnienia w elemencie nastawczym $\Delta p_N = \text{variab.}$

Element nastawczy współpracuje:

- z siecią w skład, której wchodzi: rurociąg, kolana, trójniki, armatura odcinająca, kryzy, itp.,
- ze źródłem, a więc wentylatorem, pompą lub regulatorem ciśnienia (reduktorem).

W elementach tych występują straty ciśnienia związane z przepływem, a więc każdy z nich ma własną charakterystykę przepływową.

Współpraca zaworu z siecią



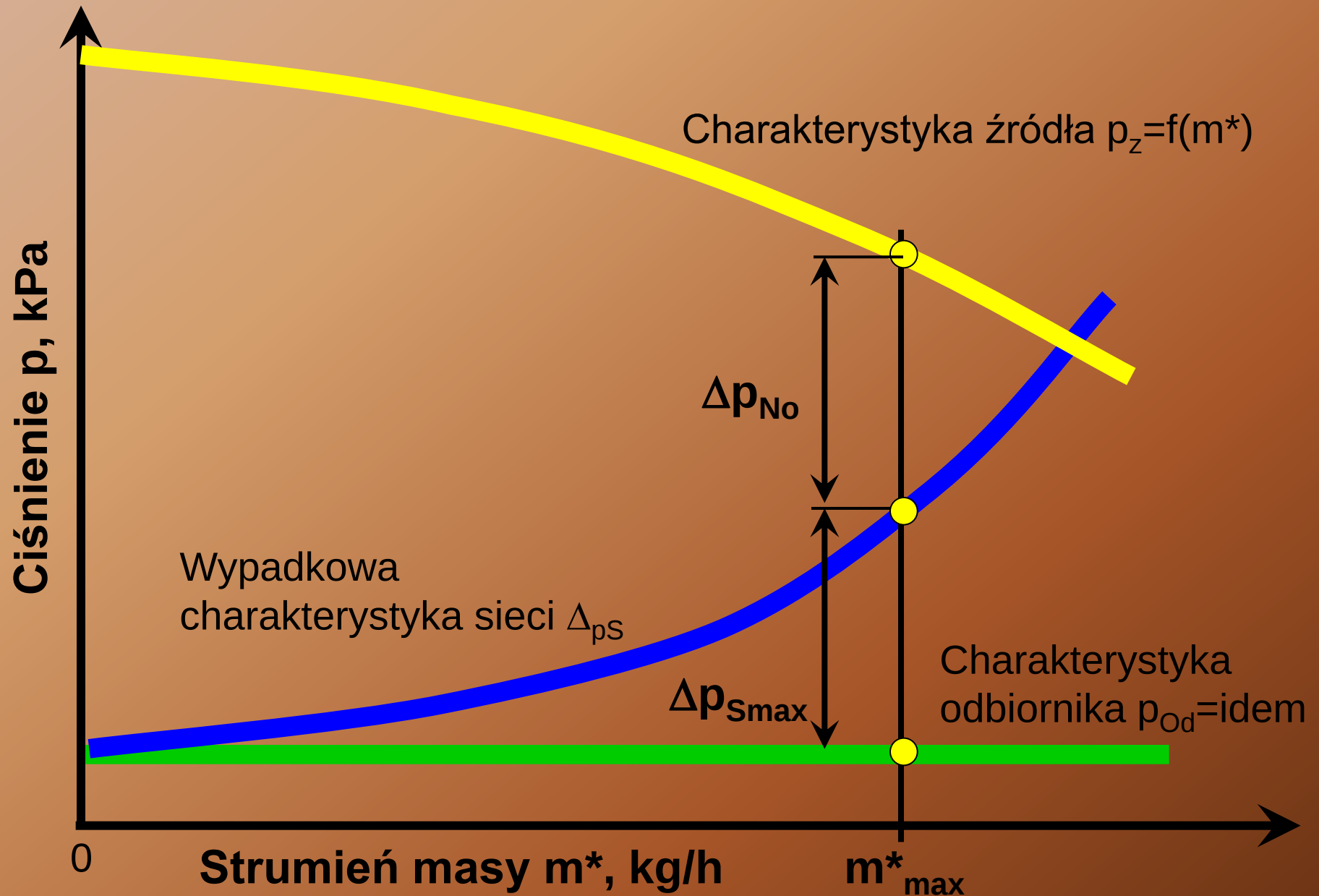
$$p_z = \Delta p_N + \Delta p_s$$

Dyspozycyjny spadek ciśnienia

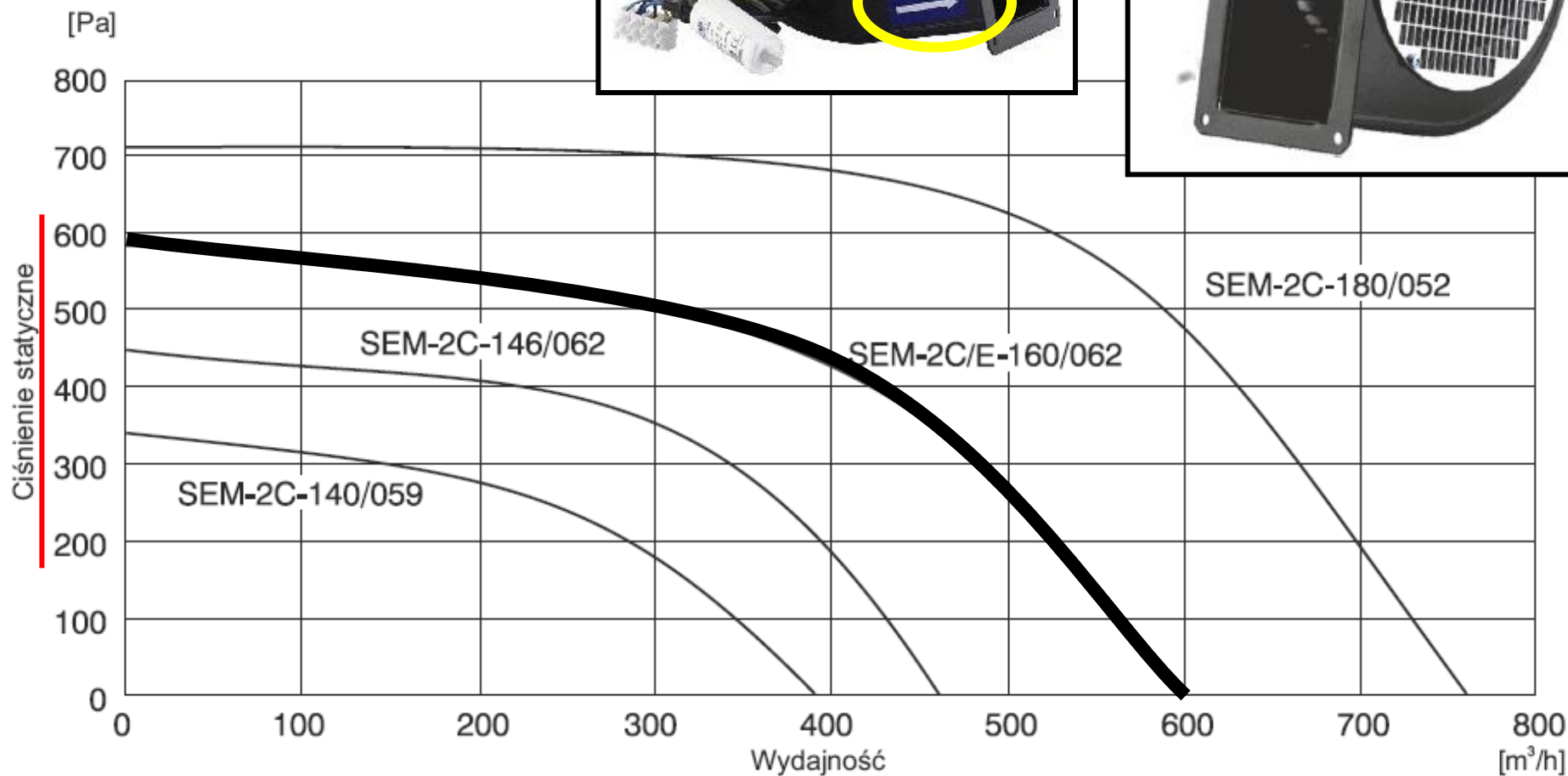
Liczba k_N wyraża stosunek dyspozycyjnego spadku ciśnienia w elemencie nastawczym Δp_{No} do całkowitego, maksymalnego spadku ciśnienia w instalacji, przy czym Δp_{Smax} wyraża sumaryczny, maksymalny spadek ciśnienia płynu w sieci (rurociągu, kryzie, palniku, rekuperatorze itp.)

$$k_N = \frac{\Delta p_{No}}{\Delta p_{Smax} + \Delta p_{No}}$$

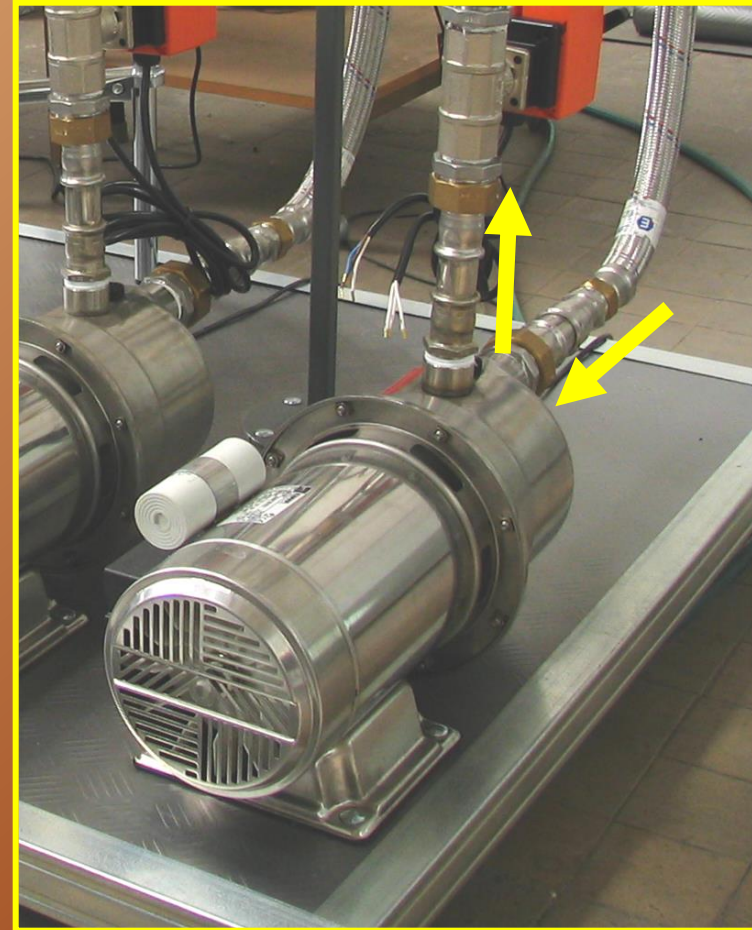
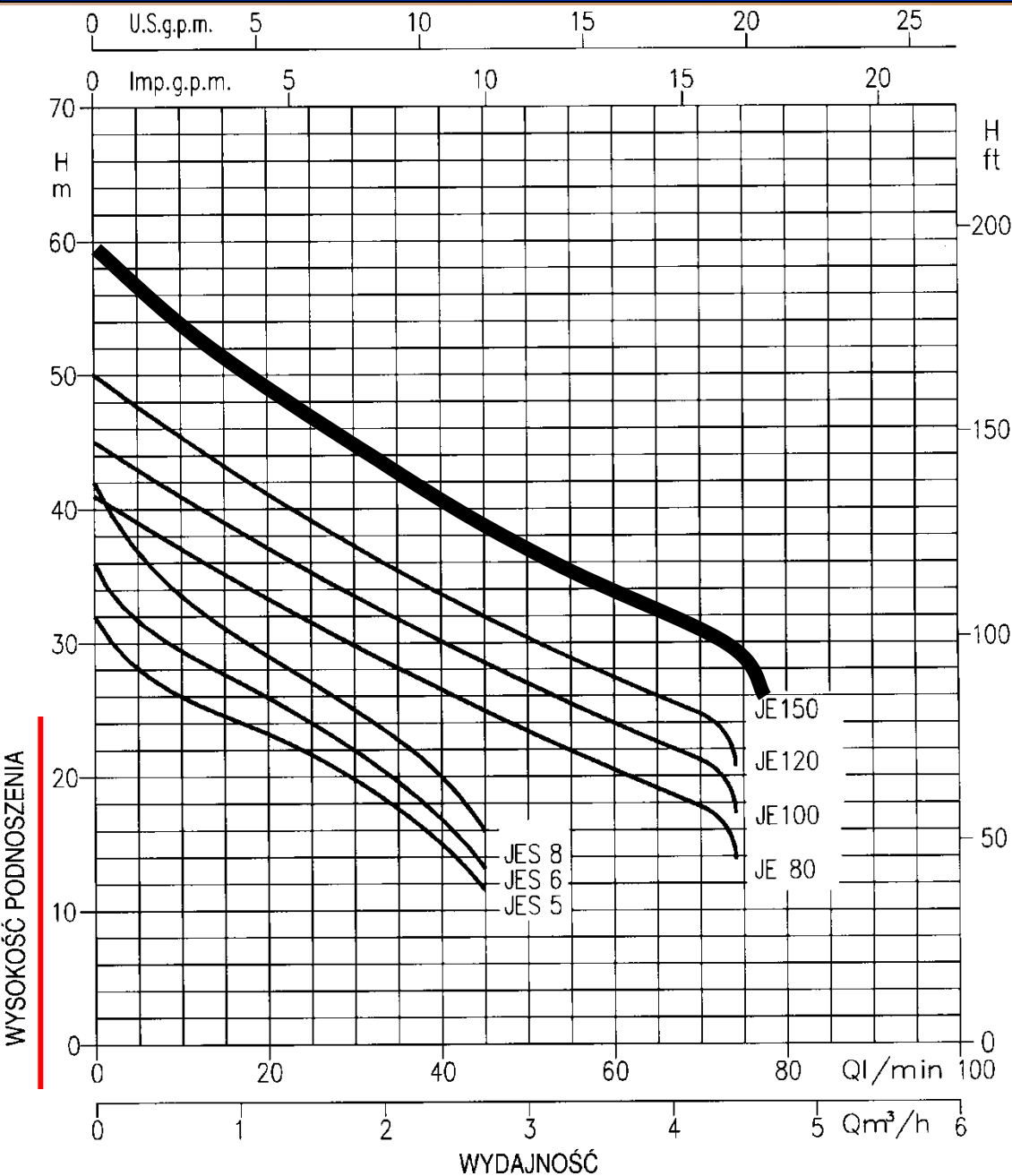
Współpraca zaworu z siecią



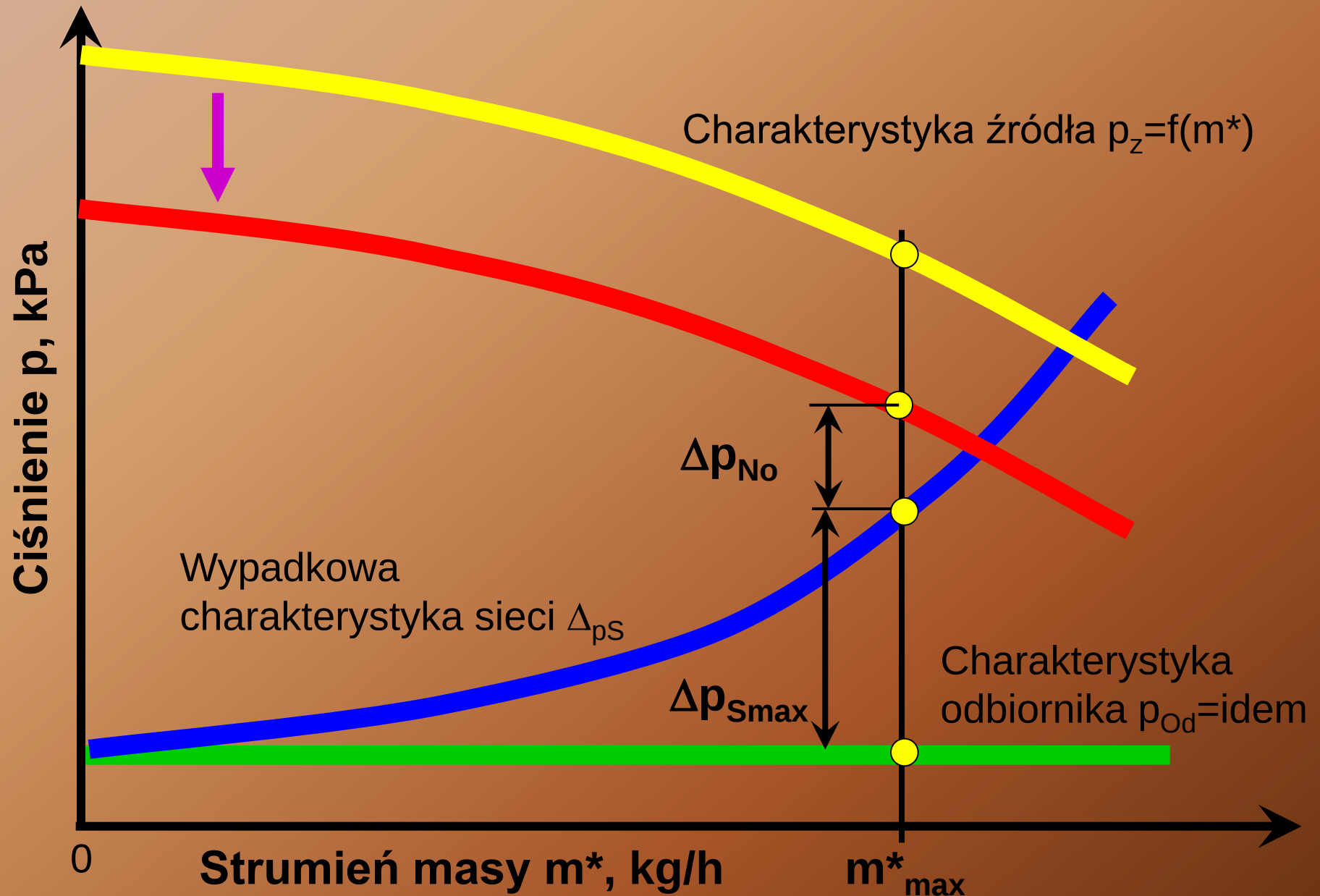
Charakterystyka wentylatora



Charakterystyka pompy



Współpraca zaworu z siecią



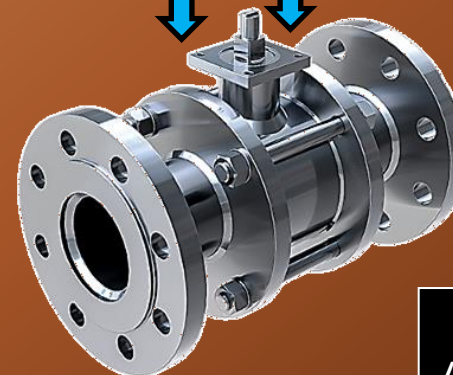
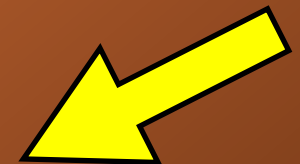
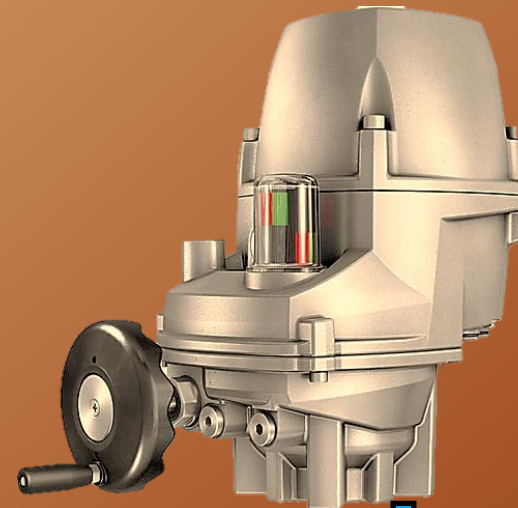
Układ przepływowy

Sterowanie procesem przepływu

Inteligentny
przepływomierz

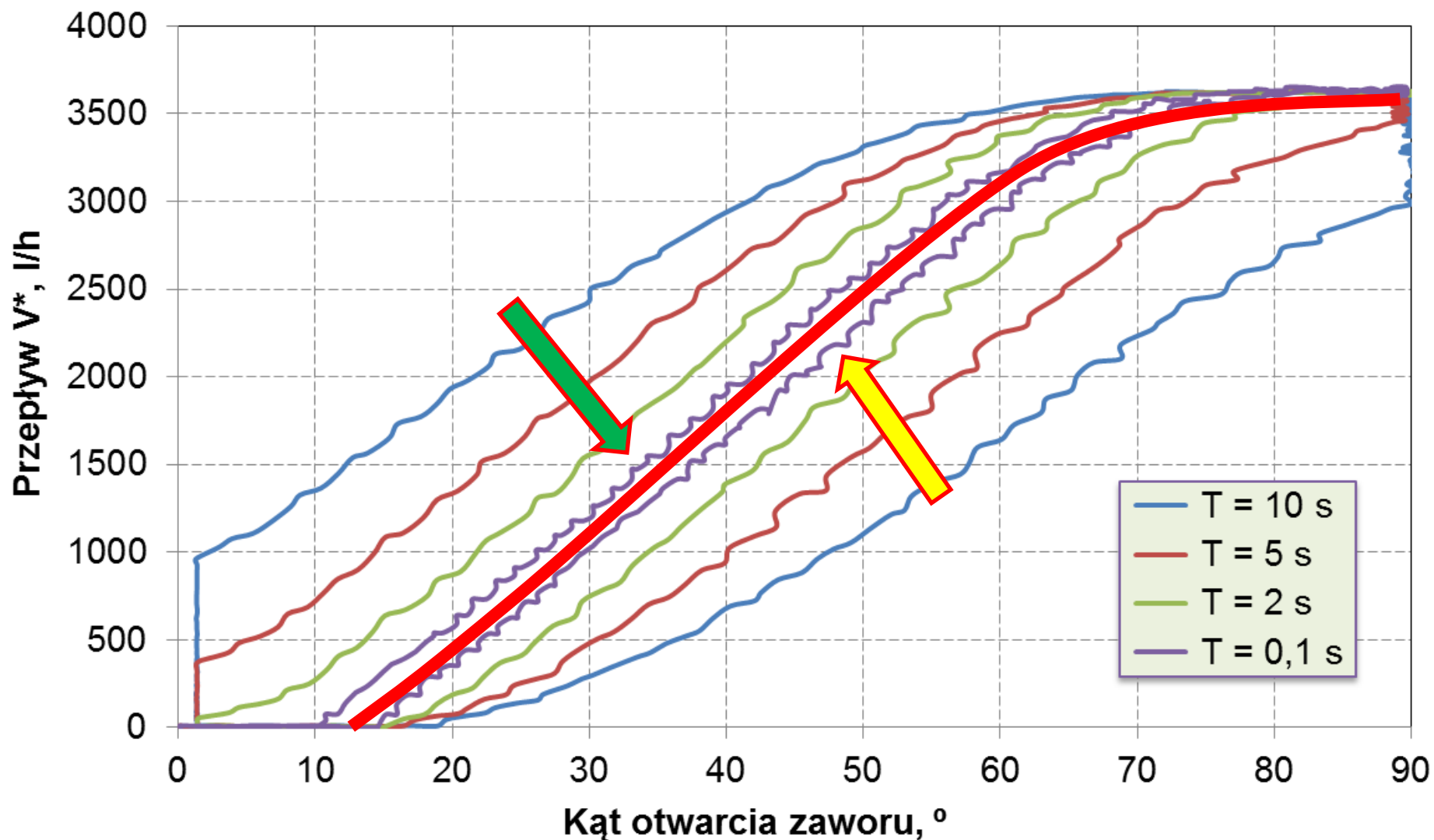


Aktuator
Profox



Zawór
ANDREX

Badania laboratoryjne charakterystyki przepływowej



Charakterystyki dla różnych stałych czasowych przepływomierza

Wnioski

- 1) Znajomość strat ciśnienia wynikających z oporów przepływu konieczna jest dla doboru urządzeń pompujących, określenia mocy pompowania i oceny ekonomicznej procesu transportu płynów.
- 2) Współczynnik ... k_n , K_{vo} (K_{vs}), charakterystyka K_v , dobór źródła przepływu, wytyczne technologia (przepływ max).
- 3) Podczas badań charakterystyk przepływowych elementu sterującego należy wykonać pomiar spadku ciśnienia na tym elemencie zgodnie z normą badań przepływowych oraz określić niezbędne wielkości fizyczne płynu.

Wnioski

- 4) Do wysterowania odpowiedniego przepływu dla nastaw elementu pomiarowego niezbędne jest zastosowanie odpowiedniego zaworu regulacyjnego o właściwej charakterystyce przepływowej.
- 5) Wyniki uzyskanych w międzyczasie eksperymentów są zachęcające do wyznaczania dalszych kierunków ich prowadzenia.
- 6) Zaprezentowane rozwiązanie właściwego doboru zaworu regulacyjnego i aktuatora może zapewnić atrakcyjną funkcjonalność ekonomiczną działania instalacji przepływowej.



Politechnika
Śląska



XII Konferencja Techniczna „Armatūra przemysłowa”

Dziękuję za uwagę!

***Dr inż. Mariusz Wnęk, rozwijający nowe aplikacje
z Zespołem Auma Polska Sp. z o.o.***