

440

DOKUMENT WZORCOWY

## ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPŁYWU

Nazwa ONB/ZNB

BE 1

Główny wykonawca

mgr inż. Wojciech Czajkowski

Wykonawcy:

mgr inż. Tomasz Krakowiak

mgr inż. Wojciech Winiarski

TEMAT: Rozszerzenie możliwości badawczych i metrologicznych stanowiska z wzorcem masowym

Etap 2 : Badania własności metrologicznych stanowiska z wzorcem masowym wyposażonego w przerzutnik strumienia, oraz opracowanie wyników pomiarów przy pomocy specjalistycznego programu obliczeniowego.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Kierownik Zakładu DPQ

mgr inż. Wojciech Winiarski

Z-ca Dyrektora  
ds. Badawczo - Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 31.01.1998 r.

Nr arch. 7532

Nr zlecenia S 1756

## Analiza deskrytorowa

Stanowisko pomiarowe

## Abstrakt

Sprawozdanie zawiera opis przeprowadzonych zmian konstrukcyjnych stanowiska z wzorcem masowym wynikających z doświadczeń w jego użytkowaniu oraz wyniki badań własności metrologicznych i wyniki pomiarów porównawczych z obliczeniami niepewności, a także analizę własności hydraulicznych przerzutnika

## Tytuły poprzednich sprawozdań

7458 - Rozszerzenie możliwości badawczych i metrologicznych stanowiska pomiarowego z wzorcem masowym

Rozdzielnik  
OIN

Egz. 1. ....  
DPQ

Egz. 2. ....  
DPQ

Egz. 3. ....

PIAP	Stanowisko pomiarowe	Nr arch.7532
DPQ		strona 1/3

**SPRAWOZDANIE Z WYKONANIA PRACY  
WG. ZLECENIA S1756**

**1. Temat**

Rozszerzenie możliwości badawczych i metrologicznych stanowiska z wzorcem masowym

**2. Cel pracy**

Celem pracy było badanie własności metrologicznych stanowiska z wzorcem masowym wyposażonego w przrzutnik strumienia eliminujący czynniki subiektywne wpływające na powiększenie niepewności pomiarów strumienia objętości podczas wzorcowania czujników przepływomierzy.

**3. Wstęp**

Stosowanie przrzutnika strumienia pozwala realizować pomiar strumienia objętości metodą „start-stop w biegu”. Zalety tej metody zostały omówione w sprawozdaniu z poprzedniego etapu pracy (nr arch. 7458). W sprawozdaniu tym w schemacie nr 2 pokazano zasadę działania przrzutnika zamkniętego, w który zostało wyposażone stanowisko z wzorcem masowym, opartego konstrukcyjnie o wykorzystanie dwóch handlowych zaworów kulowych sprzęgniętych mechanicznie. Przerzutnik ten napędzany był jednym siłownikiem pneumatycznym przestawiającym jednocześnie oba zawory w skrajne położenia . W ten sposób strumień objętości kierowany był na przemian do zbiornika wagowego lub do odpływu. Pomiar zapoczątkowywany był w momencie przejścia dźwigni zaworów przez położenie pośrednie (po obróceniu się kul zaworów o kąt 45°).

**4. Zakres wykonanych prac**

Wersję przrzutnika przedstawionego na schemacie nr 2 w sprawozdaniu nr 7458 badano pod kątem powtarzalności warunków pomiarów, z których najważniejsze to czasy przesterowania przrzutnika z jednego w drugie skrajne położenie oraz prędkość obrotu dźwigni zaworów będącej w ścisłym związku z prędkością liniową siłownika pneumatycznego. Prędkość regulowano (przy stałym ciśnieniu powietrza zasilającego 6,7,8 barów) wykorzystując w tym celu dwa dławiki regulujące wypływ powietrza z nieczynnej komory siłownika. Czasy tych przrzutów mierzono stoperem elektronicznym przyjmując za punkt zero moment załączenia zaworu sterującego. Rozbieżności czasów przesterowywania sięgały wartości 2,5 krotnego czasu minimalnego. Stosowanie tłumików ma na celu wyrównanie różnic prędkości i siły przrztutu tłoka siłownika w obu kierunkach wynikających z różnic czynnych powierzchni tłoka po obu jego stronach. Ten rodzaj regulacji ruchu siłownika, aczkolwiek wystarczający w przeważającej liczbie zastosowań napędów pneumatycznych, w przypadku zastosowania w przrzutniku okazał się nieprzydatny. Należy zaznaczyć, że powtarzalność czasów przesterowania przrzutnika w obu kierunkach ma decydujący wpływ na niepewność pomiarów strumienia objętości przy wzorcowaniu czujników przepływu, co demonstruje się bezpośrednio zwiększonym rozrzutem wyników pomiarów w przypadku braku tej powtarzalności.

PIAP	Stanowisko pomiarowe	Nr arch.7532
DPQ		strona 2/3

W ten sposób zostaje zniweczona przewaga metody „start-stop w biegu” nad metodą „start-stop zatrzymany” pod względem niepewności pomiarów. Dodatkowym czynnikiem niesprzyjającym dokładności pomiarów był brak symetrii napędu, co łatwo zauważyć na schemacie przrzutnika. Nie jest bowiem możliwe zapewnienie kinematycznej symetrii przy zastosowaniu jednego słownika. W celu wyeliminowania tej wady napędu przrzutnika dokonano jego modyfikacji konstrukcyjnej polegającej na zapewnieniu symetrii napędu przez dodanie jednego siłownika o takiej samej wielkości i zamocowanego w przrzutniku symetrycznie względem jego osi. Zmiana ta wymusiła także przeniesienie czujników zbliżeniowych i umieszczeniu ich na przeciw drugiego ramienia (w załączeniu schemat zespołu przrzutnika po modyfikacji). Po wprowadzeniu tych zmian konstrukcyjnych wykonano serię pomiarów :

- 1) czasów przesterowywania przrzutnika,
- 2) stałej K przetwornika mlekomierza PT32-500M, wyniki tych pomiarów zamieszczono w załączonej tabeli (stan mas 1) i przedstawiono na wykresie (arkusz 1.)
- 3) zmniejszenia wartości strumienia w funkcji otwarcia zaworów przrzutnika.

#### 4.1 Czasy przesterowywania przrzutnika.

Czasy te mierzono przy pomocy stopera z dokładnością 0,1 sek. przyjmując tak jak poprzednio za podstawę pomiaru okres między przełączeniem sterującego siłownikami zaworu elektromagnetycznego a zatrzymaniem ramienia przrzutnika w przeciwnym położeniu.

Czasy te wynosiły :

przy ciśnieniu powietrza zasilającego	6 bar	- 0.7sek.
„ „ „ „	7 bar	- 0,5 sek.
„ „ „ „	8 bar	- 0,4 sek.

Przy zastosowanej metodzie pomiaru nie stwierdzono mierzalnych różnic czasów w zależności od kierunku przesterowywania. Rzeczywiste czasy przesterowania były o około 0.1 sek. mniejsze ponieważ pomiędzy momentem przesterowania zaworu elektromagnetycznego a momentem uruchomienia siłowników jest zwłoka, w czasie której następuje napełnienie cylindrów. Istnieje możliwość zmniejszenia tych czasów przez zmniejszenie dławienia przepływu powietrza zasilającego, o ok. 0,2 sek. Jest to jednak niekorzystne ze względu na pojawiające się uderzenia hydrauliczne w przypadku wysokich wartości strumieni objętości 700 - 800 dcm<sup>3</sup>/min, a także ze względu na szybsze zużywanie się mechaniczne elementów przrzutnika bez korzyści dla dokładności pomiarów. Ostatecznie uznano 0,5 sek. jako optymalny czas przesterowania przrzutnika przy ciśnieniu powietrza zasilającego 0,7 bara.

#### 4.2 Pomiary stałej czujnika.

Pomiary te miały na celu potwierdzenie możliwości osiągnięcia wysokiej dokładności pomiarów strumienia objętości w trakcie wzorcowania czujników przepływomierzy. Uzyskane powtarzalności pomiarów dla poszczególnych punktów charakterystyki (odchylenie standardowe dla poszczególnych punktów charakterystyki < 0,004%), a także niepewność względna pomiarów < 0,1% dla przedziału ufności wynoszącego 0.95) pozwalają pozytywnie ocenić funkcjonowanie stanowiska. Złączony wykres (arkusz 1) ilustruje przebieg zmian stałej badanego

PIAP	Stanowisko pomiarowe	Nr arch.7532
DPQ		strona 3/3

przetwornika w funkcji strumienia objętości opisanych wielomianami potęgowymi 4 i 6 stopnia. Ocena niepewności systematycznej wymaga dalszych pomiarów i będzie uściślana w miarę jego eksploatacji. Oceny całkowitej niepewności pomiarów strumienia objętości dokonano w sprawozdaniu z wykonania pracy wg. zlecenia S1652.

#### 4.3 Charakterystyki przepływowe zaworów kulowych.

Zawory te stanowią podstawowy element konstrukcji przrzutnika (współczynnika kv w funkcji kąta otwarcia zaworu) są nieliniowe i posiadają charakter wykładniczy typu  $Y = Ae^x$ . Oznacza to, iż dla danej stałej różnicy ciśnień przed i za zaworem w położeniu pośrednim ( $45^\circ$ ) przez zawór przepływa ok. 15-20% strumienia maksymalnego w zależności od jego konstrukcji. W przypadku przrzutnika, w którym dwa zawory zamontowane są równolegle, w skrajnych jego pozycjach wystąpi maksymalny strumień objętości, zaś w położeniu pośrednim teoretycznie przez przrzutnik przepływać będzie ok. 40% maksymalnej jego wartości. Skutkiem takiej charakterystyki przrzutnika jest występowanie zjawiska uderzeń hydraulicznych przy przesterowywaniu go w przeciwne położenie (o  $90^\circ$ ) w warunkach przepływu strumienia o wysokich (dla omawianego stanowiska) wartościach 700-800 dcm<sup>3</sup>/min.

W celu jakościowego określenia rzeczywistych odchyień wartości strumienia w czasie przesterowywania przrzutnika wykonano serię pomiarów jego wartości w funkcji otwarcia jednego z zaworów dla różnych wartości strumieni maksymalnych.

#### Kąt położenia przrzutnika

0	15	30	45	60	75	90	Spadek w % wart. strum.
99	99	99	99	99	99	99	0
206	206	206	205	206	206	206	0,5
300	300	299	297	298	300	300	1
402	400	395	389	394	398	401	3,1
501	494	480	475	479	491	498	5,7
624	610	582	564	579	605	615	9,1
702	682	648	610	642	679	696	13,1
798	778	732	672	728	765	789	15,6

Praktycznie spadek wartości strumienia nie przekracza 15,6% jego wartości (dla 800 dcm<sup>3</sup>/min, tj. maksymalnej wartości dla stanowiska), natomiast dla strumieni mniejszych jest bardzo niewielki i nieistotny dla funkcjonowania przrzutnika. Pomiarów dokonywano przepływomierzem kontrolnym zamontowanym przed odcinkiem pomiarowym. Przepływomierz ten mierzy z dokładnością lepszą niż 0,5 % wartości mierzonej. Zaobserwowany spadek średniej wartości strumienia (wyrazny dla jego wartości powyżej 500 dcm<sup>3</sup>/min) spowodowany jest niemożnością utrzymania stałej jego wartości w całym czasie przeprowadzania pomiarów. Tak więc wartości podane w powyższej tabeli należy traktować orientacyjnie.

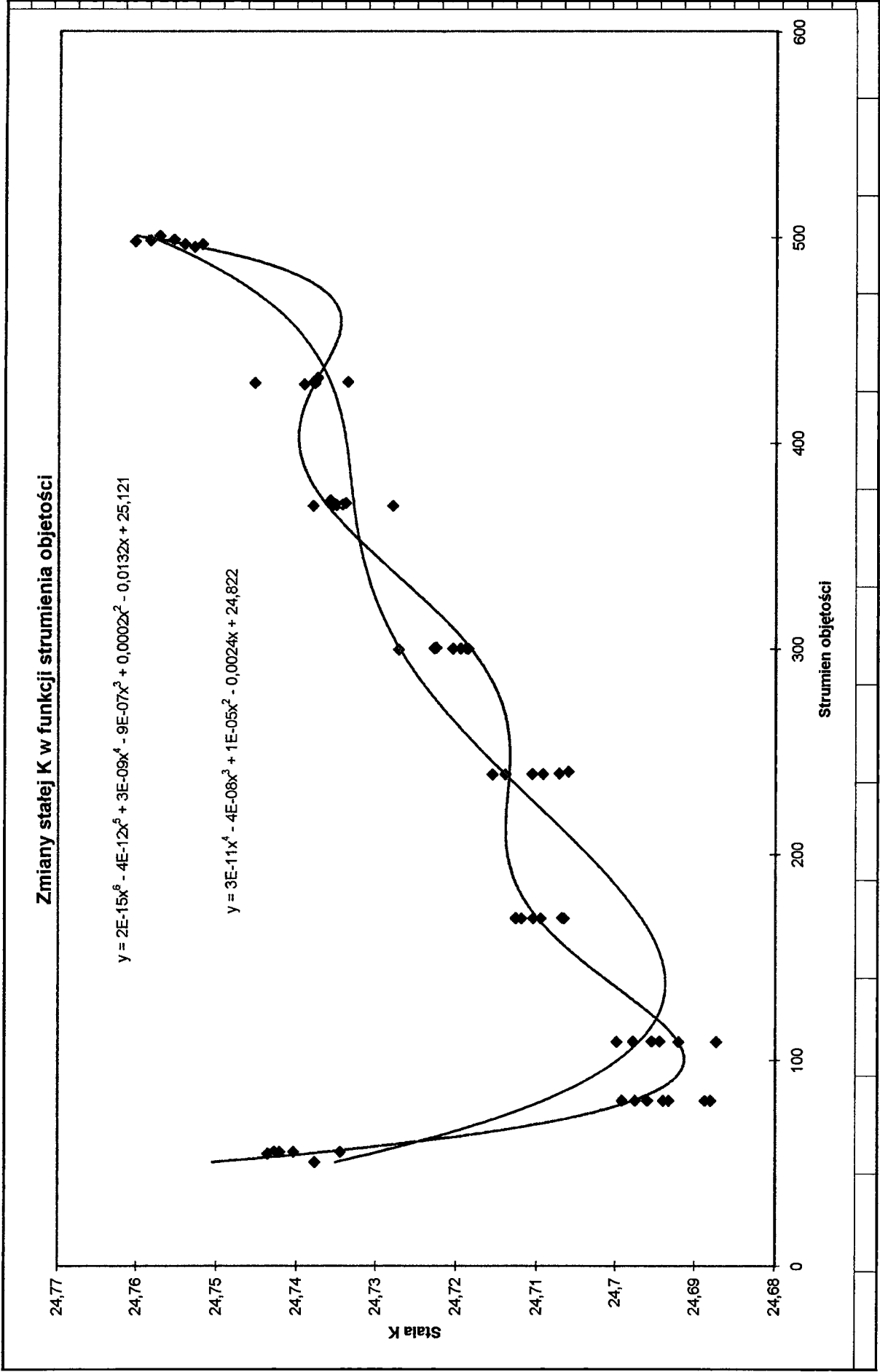
## Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego

Czujnik PT32 - 500      Nr 95/21  
Warunki pomiarów : temperatura wody -16,5-17,7 °C

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiar [sek]	Średni strum rzeczywisty [kg/min]	Temp wody [°C]	Gęstość wody [kg/dcm <sup>3</sup> ]	Stała czujnika [imp/dcm <sup>3</sup> ]	
	I	M	K	t	Q	T	ρ	Kv	
1	5038	203,72	24,73002	242	50,509091	17,4	0,999688	24,737741	
2	5340	215,88	24,73596	237,9	54,446406	17,4	0,999688	24,743685	0,003116451 odch.st
3	6267	253,45	24,72677	274,8	55,338428	17,4	0,999688	24,734489	9,71227E-06 warian
4	6269	253,47	24,73271	274,5	55,403279	17,4	0,999688	24,74043	24,74061242 średnia
5	6270	253,49	24,7347	274,3	55,44805	17,5	0,99967	24,742864	24,74217169 mediana
6	6300	254,71	24,73401	275,8	55,411893	17,5	0,99967	24,742172	0,075579004 niepzw.
7	6271	253,53	24,73475	274,5	55,416393	17,5	0,99967	24,742906	
8	7999	324,11	24,67989	242,3	80,258357	17,5	0,99967	24,688035	
9	8007	324,31	24,68934	242,4	80,274752	17,5	0,99967	24,697486	0,003897527 odch.st
10	8831	357,66	24,69105	267,3	80,282828	17,5	0,99967	24,699194	1,51907E-05 warian
11	8388	339,8	24,68511	254	80,267717	17,5	0,99967	24,693253	24,69380364 średnia
12	8007	324,33	24,68782	242,5	80,246598	17,5	0,99967	24,695963	24,69393648 mediana
13	7998	324,06	24,68061	242,2	80,279108	17,5	0,99967	24,688758	0,094700535 niepzw
14	7994	323,83	24,68579	242,1	80,255266	17,5	0,99967	24,693936	
15	9499	384,78	24,68683	211,6	109,10586	17,6	0,999652	24,695421	
16	9508	385,16	24,68584	212	109,00755	17,6	0,999652	24,694431	0,003910152 odch.st
17	9494	384,71	24,67833	211,9	108,93157	17,7	0,999634	24,687357	1,52893E-05 warian
18	9499	384,84	24,68299	211,9	108,96838	17,7	0,999634	24,692014	24,69495043 średnia
19	9499	384,75	24,68876	211,9	108,9429	17,7	0,999634	24,69779	24,69542057 mediana
20	9518	385,52	24,68873	212,2	109,0066	17,7	0,999634	24,697763	0,095002872 niepzw
21	9504	384,92	24,69084	212	108,93962	17,7	0,999634	24,699877	
22	11259	455,87	24,69783	161,7	169,15399	17,7	0,999634	24,706865	
23	11268	456,14	24,70294	162	168,94074	17,7	0,999634	24,711979	0,002395381 odch.st
24	11275	456,41	24,70367	162,2	168,83231	17,7	0,999634	24,712702	5,73785E-06 warian
25	11275	456,45	24,7015	162,2	168,8471	17,7	0,999634	24,710537	24,71013903 średnia
26	11300	457,48	24,70053	162,6	168,81181	17,7	0,999634	24,709569	24,71053666 mediana
27	11296	457,26	24,70367	162,2	169,14673	17,7	0,999634	24,712706	0,058163516 niepzw
28	11270	456,32	24,69758	162,1	168,90315	17,7	0,999634	24,706615	
29	13041	528,02	24,69793	131,9	240,19105	17,5	0,99967	24,706077	
30	13032	527,64	24,69866	132,3	239,29252	17,6	0,999652	24,707249	0,003380544 odch.st
31	13038	527,82	24,7016	132,5	239,01283	17,7	0,999634	24,710639	1,14281E-05 warian
32	13039	527,89	24,70022	132,5	239,04453	17,7	0,999634	24,709257	24,71096195 średnia
33	13062	528,72	24,70495	132,8	238,87952	17,7	0,999634	24,713985	24,71063881 mediana
34	13040	527,83	24,70492	132,6	238,8371	17,7	0,999634	24,713961	0,082082049 niepzw
35	13049	528,16	24,70653	132,7	238,80633	17,7	0,999634	24,715566	
36	14543	588,39	24,7166	117,7	299,94393	16,5	0,999844	24,720466	
37	14555	588,83	24,71851	117,7	300,16822	16,6	0,999827	24,722794	0,002810606 odch.st
38	14542	588,21	24,72246	117,9	299,34351	16,7	0,99981	24,727169	7,89951E-06 warian
39	14543	588,36	24,71786	117,5	300,43915	16,7	0,99981	24,722565	24,72142541 średnia
40	14547	588,61	24,71416	117,7	300,05607	16,7	0,99981	24,718861	24,72046577 mediana
41	14554	588,9	24,71387	117,8	299,94907	16,7	0,99981	24,718577	0,068214656 niepzw
42	14539	588,27	24,71484	117,7	299,88275	16,7	0,99981	24,719546	

## stan.mas1

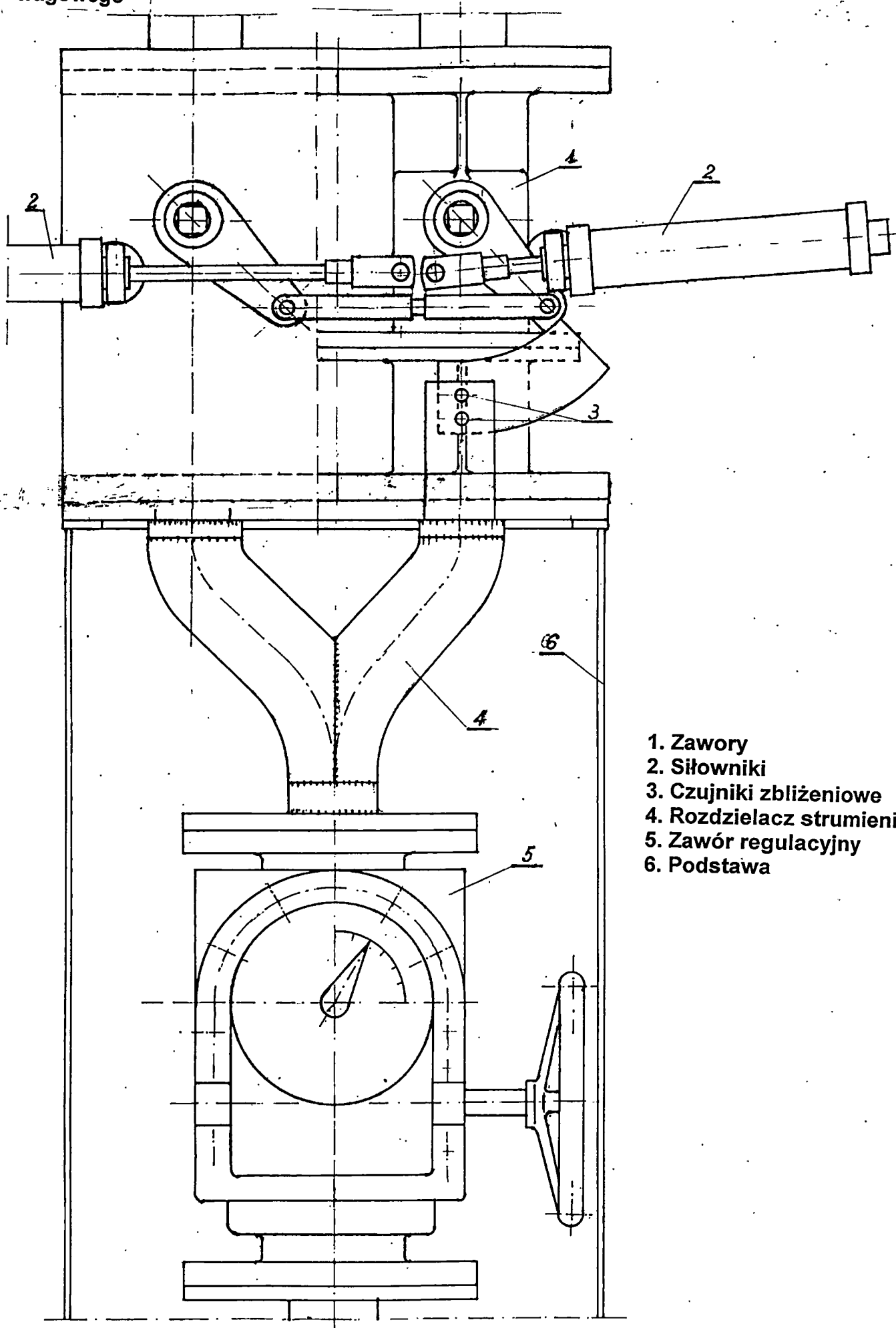
43	15062	609,03	24,73113	98,2	372,11609	16,7	0,99981	24,735837		
44	15524	627,76	24,7292	101,6	370,72441	16,7	0,99981	24,733903	0,002896221	odch.st
45	15110	610,99	24,73036	99,1	369,92331	16,7	0,99981	24,735063	8,3881E-06	warian
46	15069	609,32	24,73085	98,9	369,65824	16,7	0,99981	24,735555	24,73438029	średnia
47	15071	609,34	24,73332	99	369,29697	16,7	0,99981	24,738026	24,73506284	mediana
48	14383	581,76	24,72325	94,5	369,37143	16,7	0,99981	24,727959	0,070255758	niep wz
49	15068	609,31	24,72961	98,8	370,02632	16,7	0,99981	24,734319		
50	17555	709,56	24,74068	99,2	429,16935	16,7	0,99981	24,745394		
51	17540	709,18	24,73279	98,6	431,5497	16,7	0,99981	24,737498	0,003236191	odch.st
52	17559	709,94	24,73308	99	430,26667	16,7	0,99981	24,737784	1,04729E-05	warian
53	17541	709,33	24,72897	99,1	429,46317	16,7	0,99981	24,733677	24,7385011	średnia
54	17559	709,9	24,73447	99,4	428,51107	16,7	0,99981	24,739178	24,73787656	mediana
55	17557	709,85	24,73339	99,2	429,34476	16,7	0,99981	24,738102	0,078489581	niep wz
56	17542	709,25	24,73317	99,2	428,98185	16,7	0,99981	24,737877		
57	19322	780,66	24,75085	93,9	498,82428	16,7	0,99981	24,755563		
58	19338	781,42	24,74725	94,4	496,66525	16,7	0,99981	24,751965	0,002816966	odch.st
59	19325	780,69	24,75374	94	498,31277	16,7	0,99981	24,758455	7,93529E-06	warian
60	19328	780,75	24,75568	94,1	497,82147	16,7	0,99981	24,760396	24,75584387	średnia
61	19340	781,43	24,7495	94,4	496,67161	16,7	0,99981	24,754209	24,75556293	mediana
62	19345	781,67	24,7483	94,7	495,25026	16,7	0,99981	24,753006	0,068273952	niep wz
63	19310	780,12	24,7526	93,5	500,61176	16,7	0,99981	24,757314		





Do zbiornika  
wagowego

Do wypływu



1. Zawory
2. Siłowniki
3. Czujniki zbliżeniowe
4. Rozdzielacz strumienia
5. Zawór regulacyjny
6. Podstawa

Schemat zespołu przerytnika