

4410

BE10

## ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPŁYWU

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca ..... mgr inż. Wojciech Czajkowski .....

Wykonawcy: ..... mgr inż. Tomasz Krakowiak .....

..... mgr inż. Wojciech Winiarski .....

TEMAT: Rozszerzenie możliwości badawczych i metrologicznych stanowiska pomiarowego z wzorcem masowym.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca ..... PIAP .....

Kierownik Zakładu DPQ

.....  
mgr inż. Wojciech WiniarskiZ-ca Dyrektora  
ds. Badawczych i Rozwojowych.....  
dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia .....1997-07-31....

Nr arch. 7458 .....

Nr zlecenia S.1756 .....

## Analiza deskrytorowa

Stanowisko pomiarowe.

## Abstrakt

Spawozdanie zawiera opis zmian konstrukcyjnych stanowiska pomiarowego z wzorcem masowym, umożliwiającym realizację pomiarów metodą START-STOP w biegu..

## Tytuły poprzednich sprawozdań

nie ma

## Rozdzielnik

Egz. 1. ....**OIN**.....

Egz. 2. ....**DPQ**.....

Egz. 3. ....**DPQ**.....

# Sprawozdanie z wykonania pracy

wg. zlecenia S1756

**1. Temat:** Rozszerzenie możliwości badawczych imetrologicznych stanowiska pomiarowego z wzorcem masowym.

## 2. Cel pracy.

Celem pracy było przeprojektowanie i wykonanie stanowiska spełniającego podwyższone wymagania dokładności pomiarów strumienia objętości przez wyeliminowanie czynników subiektywnych wpływających na pogorszenie tej dokładności. W miejsce dotychczas stosowanej metody „start-stop zatrzymany” zastosowano metodę „start-stop w biegu” i w tym celu skonstruowano i wykonano przerzutnik strumienia, który pozwala na realizację pomiarów tą metodą.

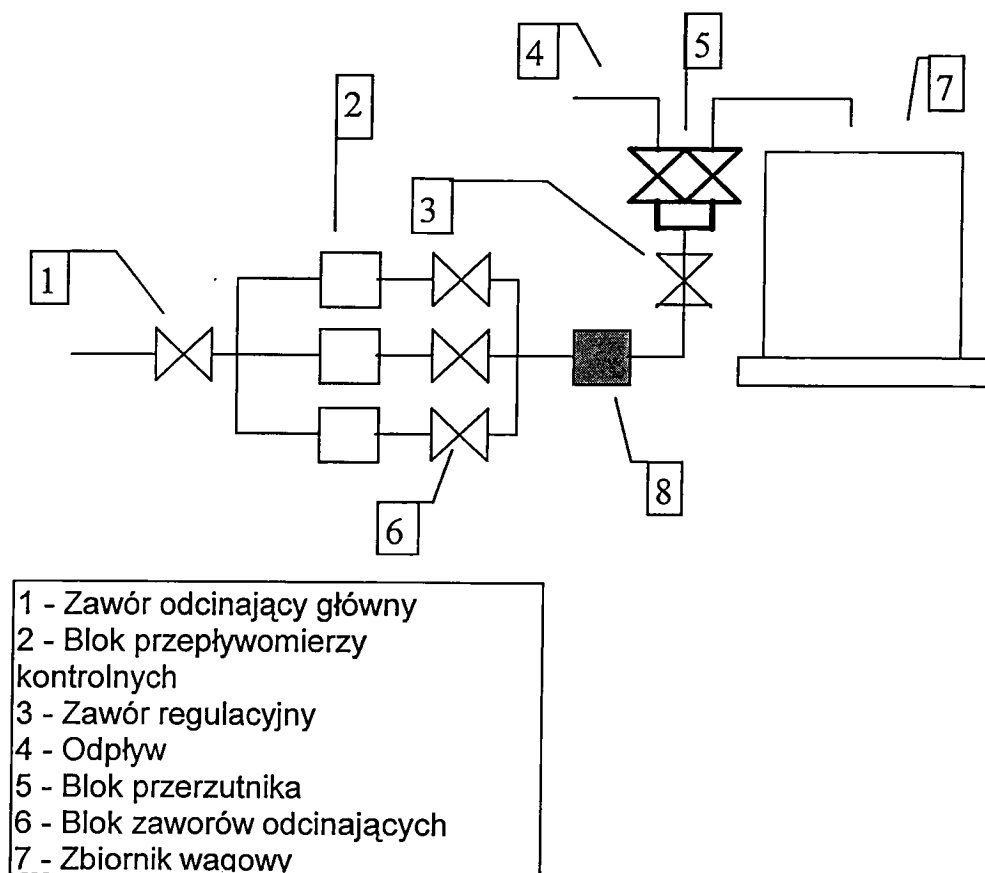
## 1. WSTĘP

W wyniku dotychczas dotychczas przeprowadzonych prac (zlecenia: S1399, S1652, S1756) zaprojektowano i wykonano stanowisko do badania przepływomierzy z wzorcem masowym dostosowanym do metody pomiarowej w wersji z „zatrzymanym start-stopem” oraz przeprowadzono jego badania metrologiczne z wyznaczeniem ogólnej niepewności pomiarów strumienia objętości przy założonym przedziale ufności. Przyjęta na początku metoda pomiarów (zatrzymany start-stop) polegająca na uruchamianiu pomiaru przez ręczne otwarcie zaworu i zakończeniu przez jego zamknięcie wykazała pewne mankamenty wpływające na podwyższenie ogólnej niepewności pomiarów wynikających z subiektywnego charakteru niektórych niepewności cząstkowych. Należy do nich zwłaszcza zmienny i trudny do określenia czas otwierania i zamykania zaworu (uruchamianie i przerywanie pomiaru) zależny od aktualnej dyspozycji osoby przeprowadzającej pomiar. Występujące przy tej metodzie zjawisko uderzeń hydraulicznych w warunkach pomiarów dużych strumieni objętości niekorzystnie wpływa na badany czujnik przepływu, a także na inne czujniki pomiarowe w instalacji. Te i inne względy zdecydowały, iż podjęto prace zmierzające do zastąpienia metody „zatrzymanego start-stopu” metodą „start-stop w biegu”, co pociągnęło za sobą potrzebę gruntownej przebudowy stanowiska. Zawór kulowy DN50 wykorzystywany dotychczas do uruchamiania pomiaru zastąpiono przerzutnikiem strumienia opartym konstrukcyjnie na dwóch zaworach kulowych sprzęgniętych ze sobą i napędzanych przy pomocy jednego siłownika pneumatycznego, działających naprzemiennie tzn. otwarcie jednego powoduje zamknięcie drugiego. W ten sposób strumień kierowany jest do zbiornika wagowego lub do odpływu. Pomiar parametrów strumienia przez licznik pomiarowy uruchamiany jest za pomocą czujnika zbliżeniowego w pozycji pośredniej przerzutnika strumienia, tzn. w pozycji gdy jego oba zawory są zamknięte lub otwarte w połowie, a strumień w połowie swojej wielkości wypływa do zbiornika wagowego i odpływu. W dalszym ciągu fazy przerzutu wielkość strumienia wypływającego do zbiornika wagowego narasta do pełnej zaprogramowanej wartości, zaś strumień wypływający do odpływu zanika całkowicie. Pomiar zostaje przerwany w tej samej pozycji przerzutnika przy jego ruchu w kierunku przeciwnym. Cykl przerzutu trwa ok. 0,1 sek. Czas ten może być regulowany przy pomocy

tłumika dławiącego wypływ powietrza z nieczynej strony cylindra pneumatycznego napędzającego przerzutnik.

Niezależnie od przebudowy stanowiska pomiarowego podjęto prace zmierzające do opracowania metodyki obróbki statystycznej wyników pomiarów zbieranych w trakcie wzorcowania czujników mlekomierni a także innych czujników przepływu i na tej podstawie wykreślenia linii regresji wraz z przedziałem ufności, która odpowiadałaby krzywej wzorcowania. Niezależnie od korzyści płynących z uproszczenia procedury obróbki statystycznej wyników pomiarów, czynnikiem decydującym o podjęciu tych prac jest konieczność pełnego i zobiektywizowanego dokumentowania pomiarów i wyników ich obróbki wynikających z wymagań norm ISO 7066-1 i 2 *Ocena niepewności przy wzorcowaniu i przy użytkowaniu urządzeń do pomiaru przepływu, (zależności przy wzorcowaniu liniowym i nieliniowym)* oraz ISO 5168 *Pomiar strumienia masy i strumienia objętości płynów - Wyznaczanie niepewności*. Spełnienie wymagań tych norm stanowi podstawę do ubiegania się o akredytację w Głównym Urzędzie Miar.

## 2. ZASADA DZIAŁANIA STANOWISKA POMIAROWEGO



Schemat 1

Stanowisko pomiarowe w podstawowych swych elementach pozostało w zasadzie niezmienione. Cały blok zaworów i przepływomierzy kontrolnych po stronie zasilania został poddany naprawie i konserwacji, a także drobnym modyfikacjom ułatwiającym obsługę. Drobnych zmian dokonano także w zbiorniku wagowym usprawniając wypływ wody co także wiązało się z ułatwieniem obsługi. Zasadniczym zmianom uległa natomiast część stanowiska po stronie wypływu wody polegających na zastąpieniu zaworu kulowego, przy pomocy którego inicjowano cykl pomiarowy zespołem przerzutnika. Usytuowanie przerzutnika pokazano na schemacie 1, zaś zasadę jego działania pokazuje schemat 2. Do jego budowy wykorzystano dwa handlowe zawory kulowe wykonane z żeliwa szarego uprzednio już wykorzystywanych w stanowisku. W celu ich uzdatnienia do wykorzystania w przerzutniku wymieniono kule i uszczelki na nowe wykonane z materiałów odporniejszych na zużycie w bardzo zanieczyszczonej osadami korozyjnymi wodzie obiegowej. Takie rozwiązanie okazało się racjonalne ze względu na niski koszt adaptacji. Ponadto w zaworach dokonano pewnych modyfikacji konstrukcyjnych, koniecznych ze względu na zmianę napędu z ręcznego na pneumatyczny, a także możliwości ich zabudowania w przerzutniku. Dźwignie napędowe zaworów zostały sprzęgnięte wspólnym ramieniem, zaś to połączone zostało z tłoczyskiem siłownika pneumatycznego o średnicy roboczej DN25 i skoku 100 mm. Przy jednej z dźwigni napędowych umieszczono dwa czujniki zbliżeniowe, które w pozycji pośredniej dźwigni przekazują impuls do licznika pomiarowego i uruchamiają zliczanie impulsów z wzorcowanego czujnika. Zliczanie zostaje przerwane podczas przejścia dźwigni przez pozycję czujników, tzn. w takiej samej pozycji w jakiej pomiar został włączony. Zastosowanie dwóch czujników zbliżeniowych ma na celu zredukowanie histerezy położenia dźwigni, w którym następuje przełączeni licznika na pomiar i przerwę w pomiarze do możliwie małej wartości. Wiąże się to bezpośrednio z wielkością niepewności pomiaru. Wpływ wielkości histerezy zostanie oszacowany w trakcie badań metrologicznych stanowiska. Aby zrealizować możliwość naprzemiennego kierowania strumienia do zbiornika wagowego lub do odpływu dokonano zmian w zaworach w taki sposób aby kule były względem siebie obrócone o kąt prosty przy jednakowym położeniu dźwigni. Poniżej przerzutnika zainstalowano zawór kulowy regulacyjny BR33 DN50, którego działanie sprawdzono w poprzedniej wersji stanowiska. Zawór ten służy do wysterowania przy pomocy przepływomierzy kontrolnych zadanej wielkości strumienia, przy którym będzie dokonywany pomiar liczby impulsów przy wzorcowaniu przepływomierzy turbinowych lub czasu przepływu przy wzorcowaniu przepływomierzy elektromagnetycznych. W celu zapewnienia jednakowych warunków wypływu do zbiornika wagowego i do kolektora odpływowego obydwie wyloty usytuowano na jednakowej wysokości. W ten sposób wysterowanie zadanego strumienia może odbywać się w warunkach wypływu do kolektora odpływowego przez zbiornik pomiarowy F.

### **3. OBRÓBKA STATYSTYCZNA DANYCH POMIAROWYCH**

Stosowany dotychczas do obróbki danych pomiarowych uniwersalny arkusz kalkulacyjny Excel posiada funkcje statystyczne pozwalające na szybkie policzenie niektórych wartości opisujących zbiór wyników takich jak wariancja, odchylenie standardowe, błąd standardowy i średnie, mediany i inne, nie posiada jednak funkcji pozwalających na wyznaczenie regresji nieliniowej, a jego możliwości graficznego przedstawiania wyników obliczeń są skromne w stosunku do wymagań jakie aktualnie stawia się wobec laboratoriów pomiarowych. Dla ilustracji możliwości

graficznego przedstawiania wyników obliczeń statystycznych różnych programów załączono wykresy wykonane przy pomocy programów **Excel**, **Statgraph** i **Statistica** dla tego samego zbioru danych pomiarowych z wzorcowania czujnika mlekomiernia PT32-500M nr 19/96. Wykres Excela przedstawia linię łamaną łączącą punkty będącymi średnimi arytmetycznymi wyników pomiarów współczynnika wzorcowania K dla jednego punktu pomiarowego (średniego strumienia objętości). Dane dotyczące niepewności pomiaru dla przedziału ufności 95%, wariancji, odchylenia standardowego, średniej i mediany są tabelaryzowane. Naturalnie istnieje możliwość przedstawienia tych danych w postaci uproszczonych wykresów, jednakże nie posiadają one waloru obiektywnie ilustracyjnego i mogą prowadzić do błędnych wniosków. Excel pozwala także na programowanie własnych funkcji obliczeniowych i uzupełnienie pakietu standardowego o nowe możliwości, jednak jest to uciążliwe i mogłoby być akceptowane przy braku alternatywy. Dostępny program Statgraph pozwolił na wykonanie tych samych obliczeń oraz wykreślenia regresji liniowej i nieliniowej oraz wykresu rozkładu normalnego wraz z przedziałami ufności<sup>1)</sup>. Statgraph jako program specjalistyczny posiada o wiele większe możliwości od uniwersalnego Excela, posiada jednak pewne ograniczenia, które np. w przypadku

linii regresji opisywanej wielomianem potęgowym polegają na konieczności przewidywania wartości współczynników wielomianu potęgowego spełniających warunek minimum kwadratu różnicy wartości obliczonych (na krzywej) i zmierzonych  $(Y - y)^2$ , a następnie ich sprawdzaniu. Jest to procedura pracochłonna i w zasadzie wykluczająca użycie tego programu rutynowo przez osoby nie posiadające dostatecznej wprawy w tego rodzaju obliczeniach. Stopień trudności w przewidywaniu tych współczynników rośnie wraz ze stopniem wielomianu.

Analogicznych obliczeń dokonano przy pomocy programu Statistica. Porównanie z opisanymi dwoma poprzednimi programami daje wyraźną przewagę temu ostatniemu z powodu łatwości w posługiwaniu się nim i wielkich możliwości obliczeniowych i graficznych, a także łatwości archiwizowania danych pomiarowych i wyników ich obróbki statystycznej. W przeciwieństwie do pierwszych dwóch programów Statistica posiada możliwości bezpośredniego wyznaczania regresji liniowej lub nieliniowej opisywanej przez funkcje standardowe następujących typów:

$$y = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \dots,$$

$$y = a + b \cdot x$$

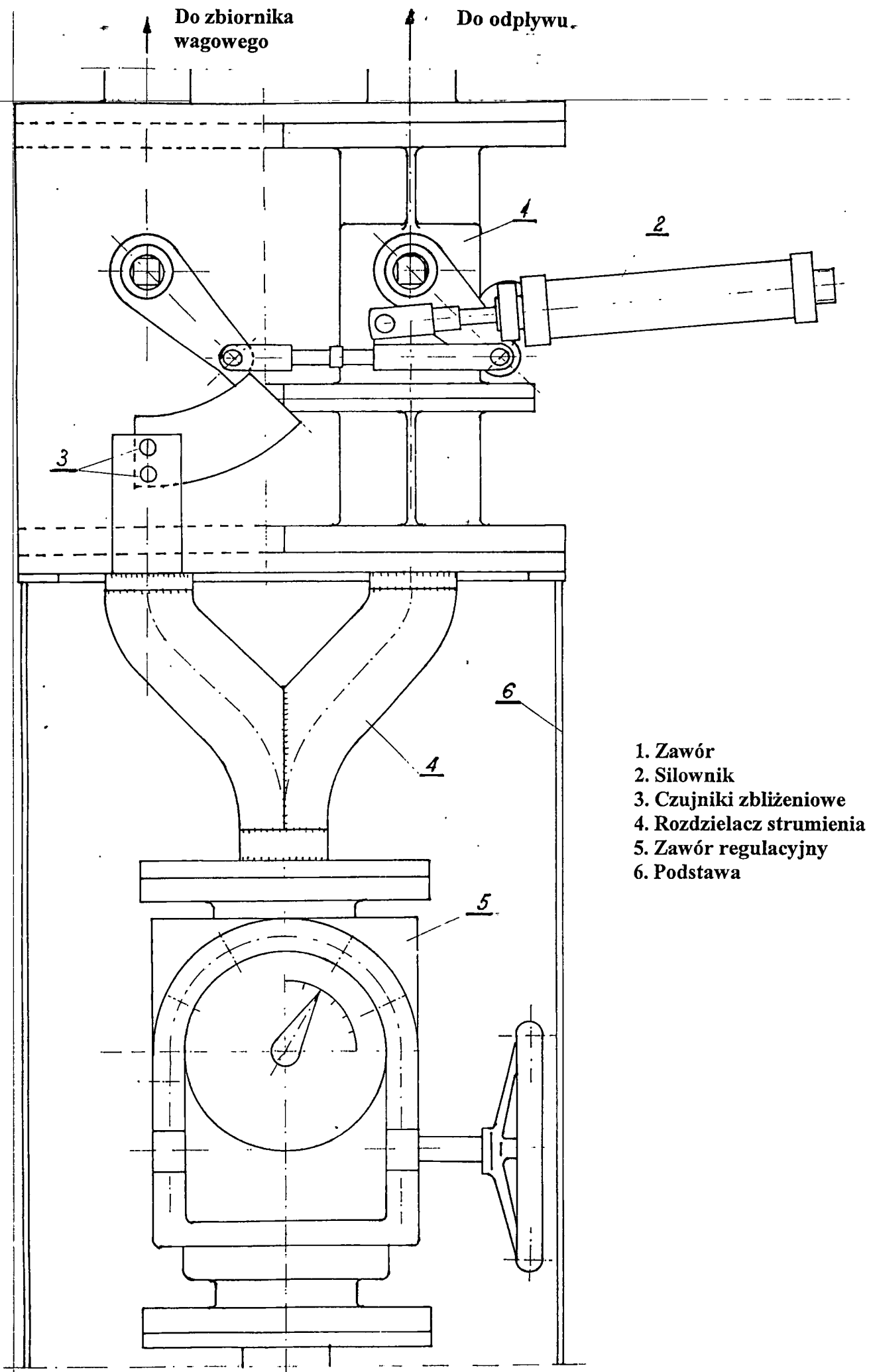
$$y = a \cdot \exp(b \cdot x)$$

$$y = a + b \cdot \lg x$$

$$y = \text{Spline} \quad \text{i inne.}$$

Statistica pozwala łatwo wprowadzić własne funkcje regresji wydaje się jednak, iż dla potrzeb obróbki statystycznej wyników pomiarów z wzorcowania przepływomierzy najbardziej przydatną funkcją jest wielomian potęgowy. Norma ISO7066-2 jako funkcję alternatywną i równoważną do wielomianu potęgowego zaleca do stosowania wielomian ortogonalny typu  $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots$ , jednakże pakiet Statistica nie zawiera programu rozwiązywania tych wielomianów.

<sup>1)</sup> Obliczenia wykonał p. dr inż. Andrzej Sawicki z OBN



Schemat nr 2. Zespół przerzutnika

CHARAKTERYSTYKA CZUJNIKA

**Wyniki pomiarów stałej czujnika turbinowego**

Czujnik PT32 - 500 Nr 19

Warunki pomiarów : temperatura wody - 18,4 do 18,7° C  
strumień zadany - 40 do 500 dcm<sup>3</sup>/min

Lp	Liczba imp. [imp]	Dawka rzeczyw. [kg]	Stała czujnika [imp/kg]	Czas pomiaru [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	9258	367,09	25,21997	557,9	39,479118	18,4	0,999506	25,207509
2	12531	497,51	25,18743	755,4	39,516283	18,4	0,999506	25,174985
3	8861	351,92	25,17902	542	38,957934	18,4	0,999506	25,166574
4	8863	351,86	25,189	539,3	39,146301	18,3	0,999524	25,177017
5	6347	252	25,18651	385,6	39,211618	18,3	0,999524	25,17453
6	6852	272,05	25,18655	412,6	39,561318	18,4	0,999506	25,174099

Odchylenie standardowe - 0,0143606 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 0,0002062  
 Średnia - 25,179119 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,174758 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,1311781 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 39,312095

1	5134	203,15	25,27197	249,3	48,8929	18,7	0,999449	25,258047
2	5133	203,09	25,27451	250,2	48,702638	18,7	0,999449	25,260588
3	5130	203,11	25,25725	249,1	48,922521	18,7	0,999449	25,243339
4	5129	203,07	25,2573	250	48,7368	18,7	0,999449	25,243389

Odchylenie standardowe - 0,0092692 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 8,592E-05  
 Średnia - 25,251341 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,250718 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0844276 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 48,813715

1	7413	293,64	25,2452	301,1	58,513451	18,4	0,999506	25,232722
2	7564	299,55	25,25121	307,6	58,429779	18,4	0,999506	25,238731
3	7653	302,87	25,26827	310,9	58,450306	18,4	0,999506	25,255779
4	7675	303,51	25,28747	311,8	58,404747	18,4	0,999506	25,274972
5	7658	302,81	25,28979	310,1	58,589487	18,4	0,999506	25,277287
6	7656	302,96	25,27066	310,6	58,524147	18,4	0,999506	25,258174

Odchylenie standardowe - 0,0182073 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 0,0003315  
 Średnia - 25,256277 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,256976 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,165807 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 58,485319

1	8943	353,94	25,26699	291,6	72,82716	18,4	0,999506	25,254507
2	8938	353,72	25,26857	291,5	72,806861	18,4	0,999506	25,256086
3	8947	353,77	25,29044	291,6	72,792181	18,4	0,999506	25,277944
4	8970	354,72	25,28755	292,4	72,787962	18,4	0,999506	25,275053
5	8971	354,74	25,28894	292,3	72,816969	18,4	0,999506	25,276446
6	8966	354,71	25,27699	292	72,885616	18,4	0,999506	25,264494



CHARAKTERYSTYKA CZUJNIKA

Odchylenie standardowe - 0,0105285 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 0,0001109  
 Średnia - 25,267422 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,269774 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0958374 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 72,819458

1	10252	404,23	25,3618	243,8	99,482363	18,4	0,999504	25,349216
2	10249	404,16	25,35877	243,7	99,50595	18,4	0,999506	25,346236
3	10248	404,12	25,3588	243,5	99,577823	18,4	0,999506	25,346272
4	10261	404,28	25,38092	243,8	99,494668	18,4	0,999506	25,36838

Odchylenie standardowe - 0,0106614 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 0,0001137  
 Średnia - 25,352526 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,347744 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0967215 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 99,515201

1	10068	396,16	25,41397	161	147,63727	18,4	0,999506	25,401414
2	10199	401,3	25,4149	163,9	146,90665	18,4	0,999506	25,402341
3	10287	405,03	25,39812	165,5	146,83867	18,5	0,999487	25,38509
4	10222	402,51	25,39564	164,3	146,99087	18,5	0,999487	25,382615

Odchylenie standardowe - 0,0104625 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 0,0001095  
 Średnia - 25,392865 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,393252 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0947658 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 147,09336

1	11599	456,03	25,43473	139,1	196,70597	18,5	0,999487	25,421683
2	11524	453,08	25,4348	137,7	197,42048	18,5	0,999487	25,421754
3	11537	453,55	25,43711	138,1	197,05286	18,4	0,999506	25,424536
4	11563	454,76	25,4266	138,6	196,8658	18,5	0,999487	25,413556

Odchylenie standardowe - 0,004741 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 2,248E-05  
 Średnia - 25,420382 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,421719 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0428957 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 197,01128

1	11606	455,75	25,46572	111	246,35135	18,5	0,999487	25,452653
2	11568	454,28	25,46447	110,3	247,11514	18,5	0,999487	25,451409
3	11539	453,03	25,47072	110	247,10727	18,5	0,999487	25,457654
4	11530	452,56	25,47728	109,9	247,07552	18,5	0,999487	25,464216

Odchylenie standardowe - 0,0058191 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 3,386E-05  
 Średnia - 25,456483 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,455153 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0525753 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 246,91232

CHARAKTERYSTYKA CZUJNIKA

1	11741	460,61	25,49011	92,5	298,77405	18,6	0,999468	25,476555
2	11588	454,34	25,50513	90,3	301,88704	18,6	0,999468	25,491564
3	11594	454,61	25,50318	92,3	295,52113	18,6	0,999468	25,489615
4	11573	453,93	25,49512	92,1	295,71987	18,5	0,999487	25,482042

Odchylenie standardowe - 0,006939 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 4,815E-05  
 Średnia - 25,484944 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,485829 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0626239 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 297,97552

1	12868	504,41	25,51099	87,7	345,09236	18,5	0,999487	25,497907
2	12959	507,9	25,51487	88,8	343,17568	18,6	0,999468	25,501296
3	13014	510,03	25,51615	89,5	341,91955	18,6	0,999468	25,502576
4	12961	508,11	25,50826	88,4	344,87104	18,6	0,999468	25,49469

Odchylenie standardowe - 0,0035484 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 1,259E-05  
 Średnia - 25,499117 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,499601 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0320063 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 343,76466

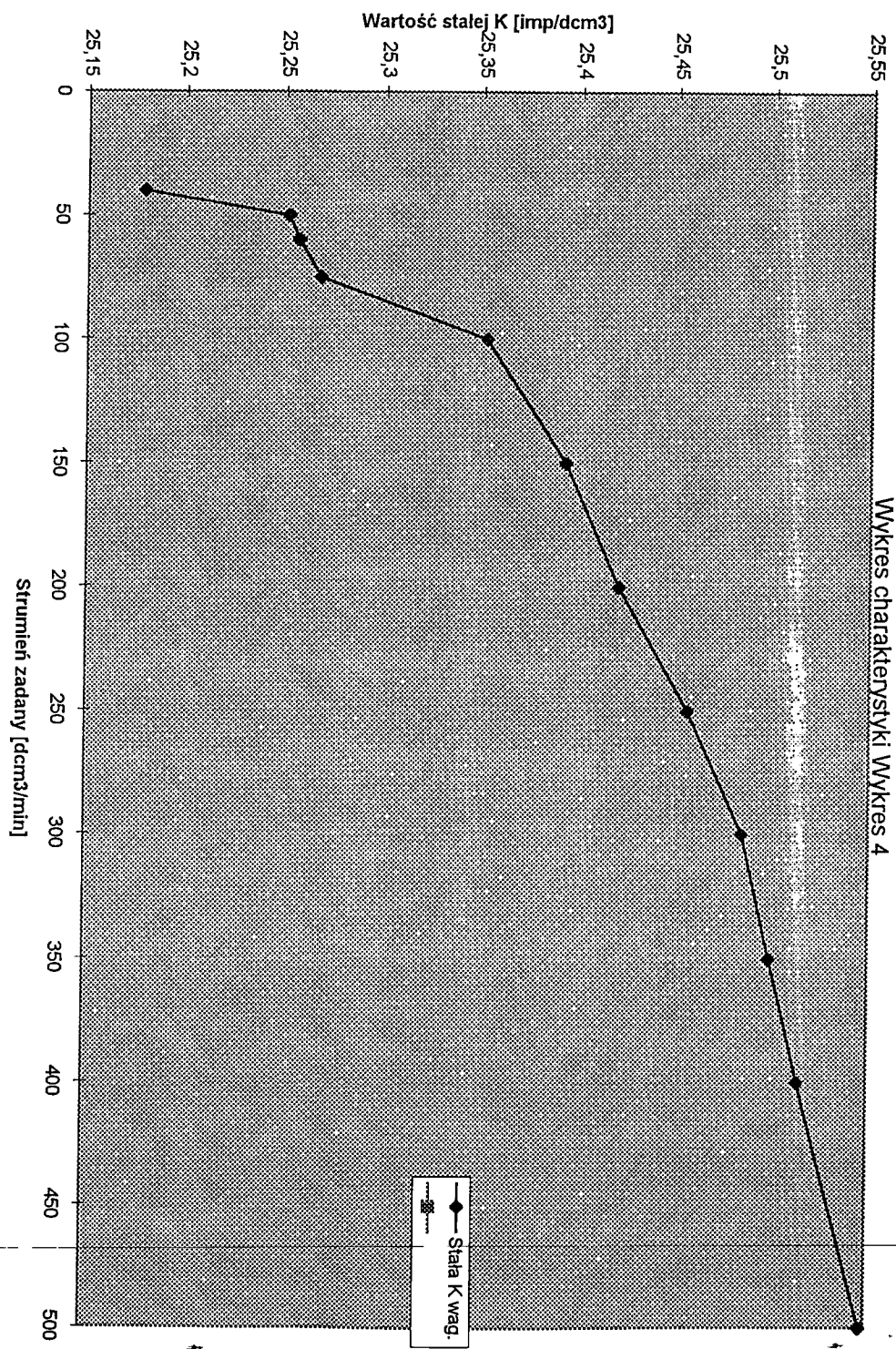
1	15537	608,66	25,52657	92,7	393,95469	18,6	0,999468	25,512991
2	15542	608,77	25,53017	92,7	394,02589	18,6	0,999468	25,51659
3	15526	608,13	25,53073	92,6	394,03672	18,6	0,999468	25,517148
4	15546	609,05	25,525	92,7	394,20712	18,6	0,999468	25,511423

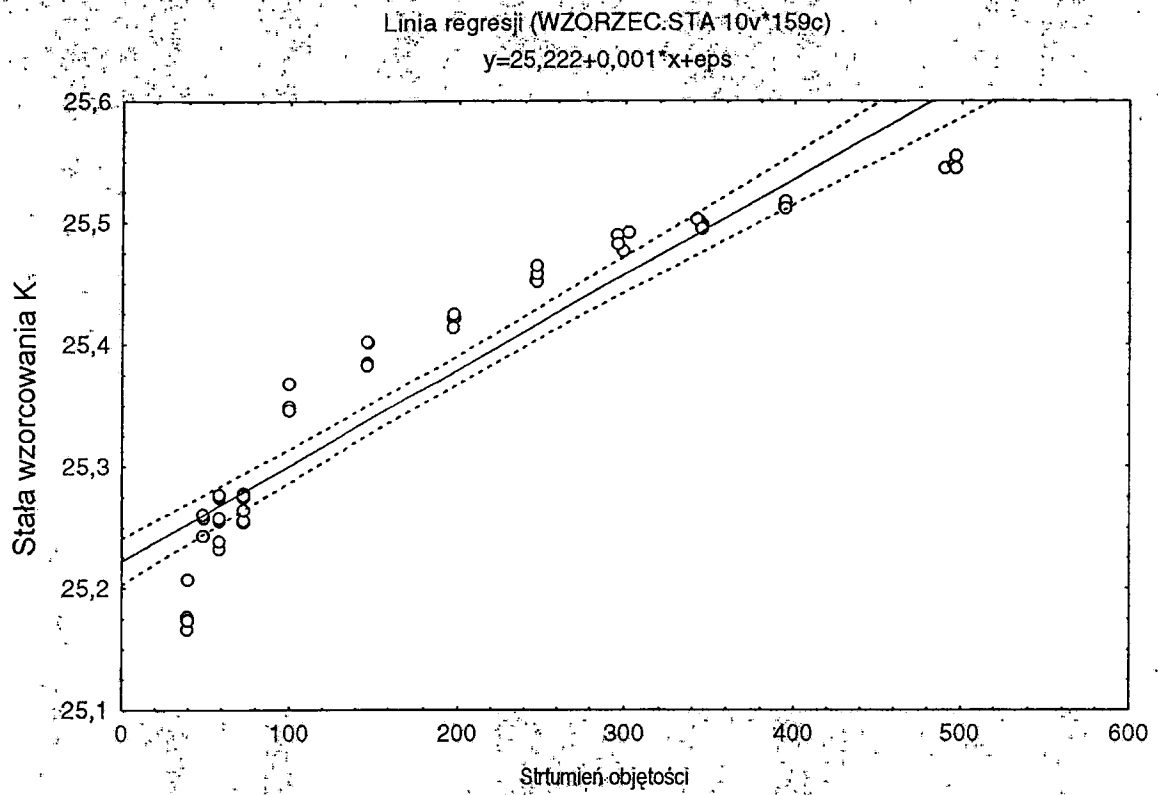
Odchylenie standardowe - 0,0027758 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 7,705E-06  
 Średnia - 25,514538 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,51479 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0250224 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 394,0561

1	18150	710,14	25,55834	87	489,75172	18,6	0,999468	25,544748
2	18126	709,13	25,5609	85,9	495,31781	18,6	0,999468	25,547305
3	18132	709,17	25,56792	85,7	496,50175	18,6	0,999468	25,55432
4	18142	709,82	25,55859	85,8	496,37762	18,7	0,999449	25,544515

Odchylenie standardowe - 0,0045765 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Wariancja - 2,094E-05  
 Średnia - 25,547722 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Mediana - 25,546026 [imp/dcm<sup>3</sup>]  
 Niepewność wzg. (t<sub>95</sub>) - 0,0412007 [%]  
 Średni strum. ze wszystkich pom. 494,48723

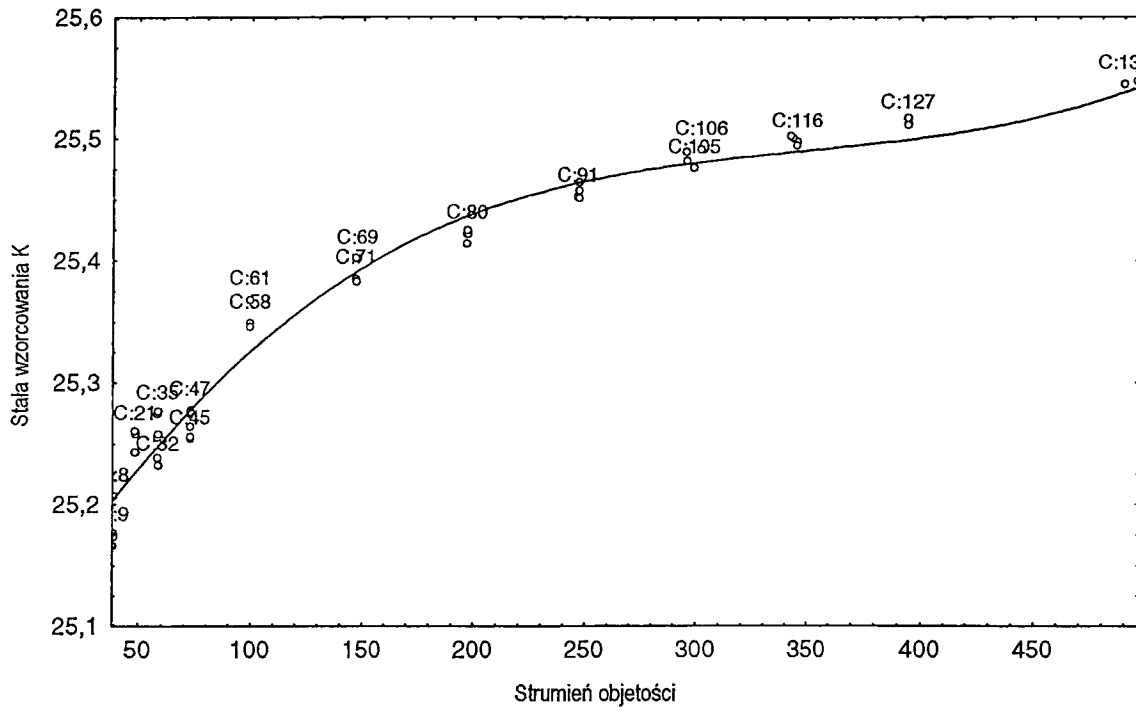
11



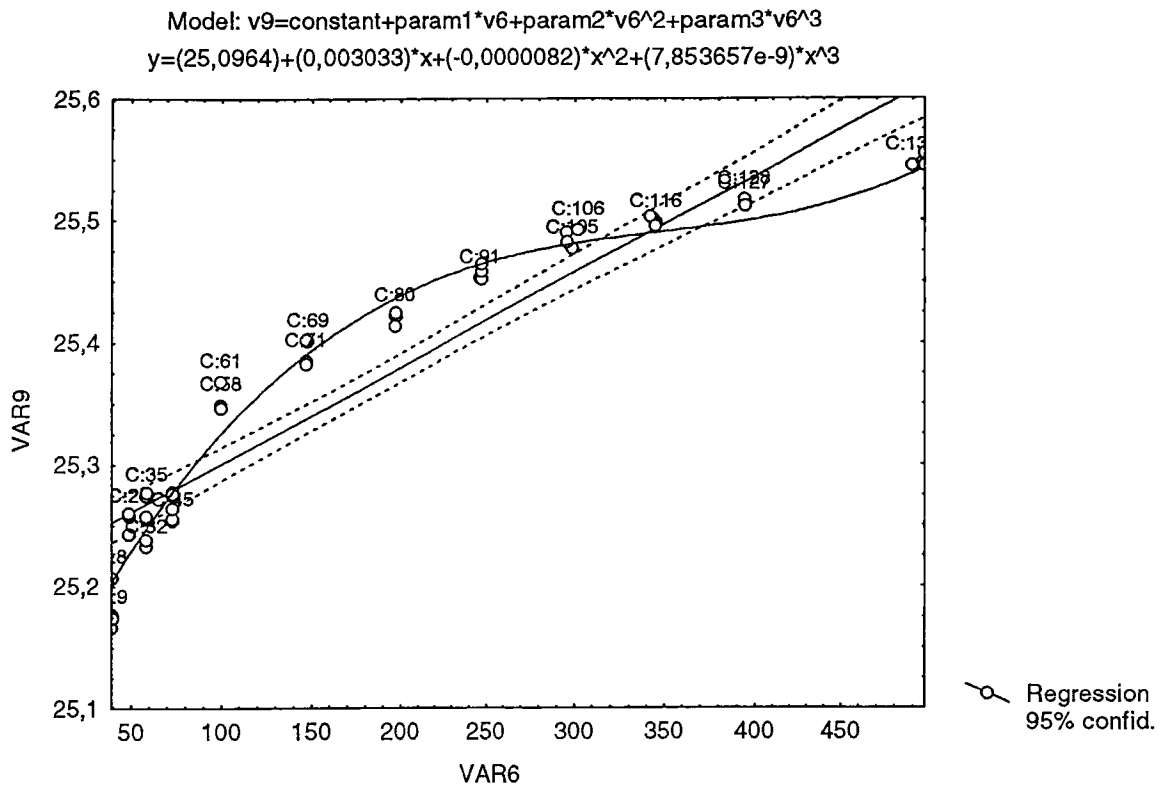


Linia regresji wielokrotnej

Model:  $v_9 = \text{constant} + \text{param1} * v_6 + \text{param2} * v_6^2 + \text{param3} * v_6^3$   
 $y = (25,0964) + (0,003033) * x + (-0,0000082) * x^2 + (7,853657e-9) * x^3$

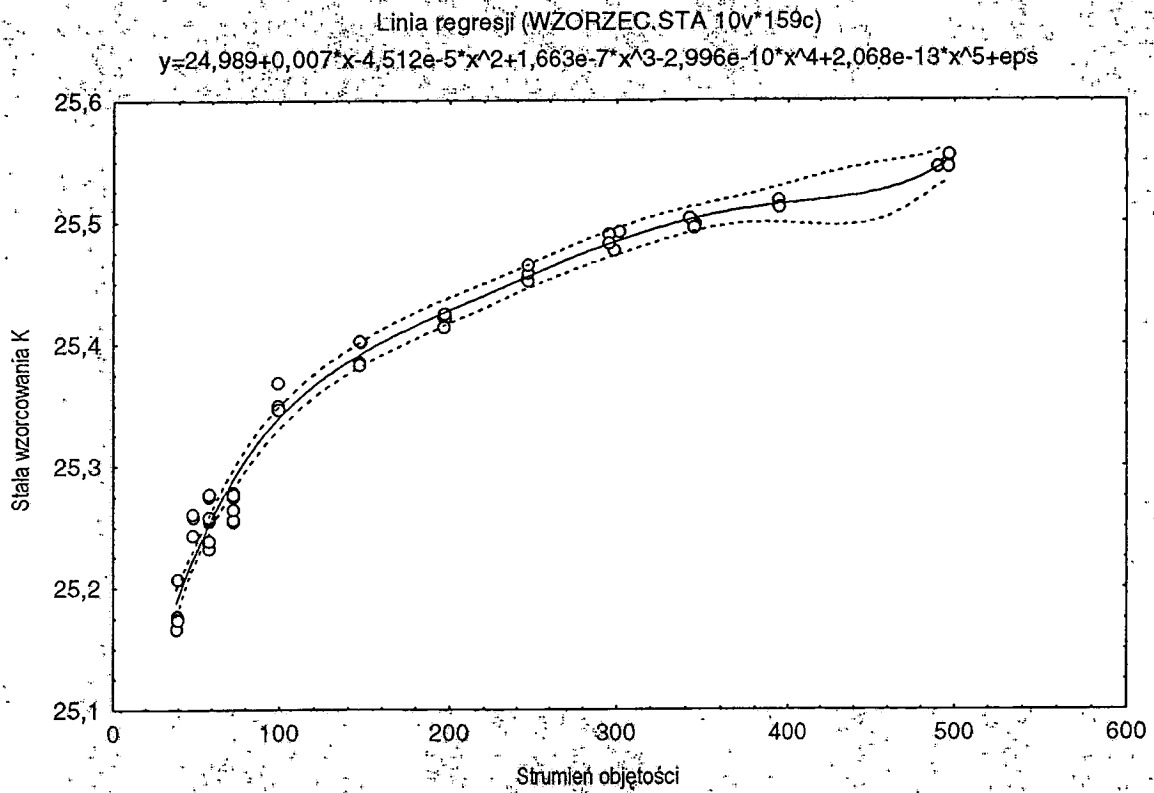


Regresja nieliniowa wg zadanej funkcji



Porównanie regresji liniowej i nieliniowej

14

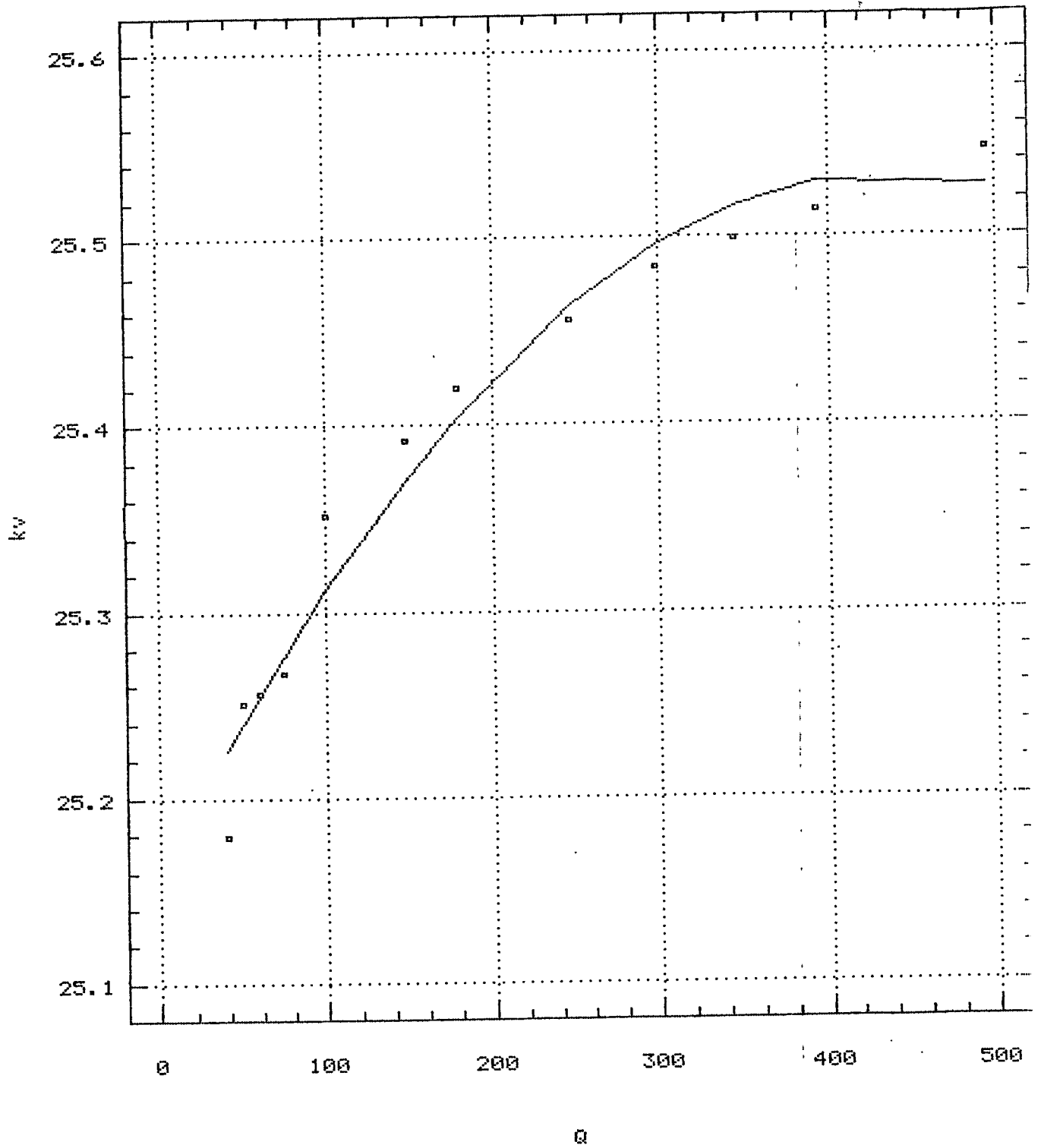


Regresja nieliniowa wg opcji automatycznej *Scatterplot* z przedziałem ufności 95%

Plot of Fitted Model

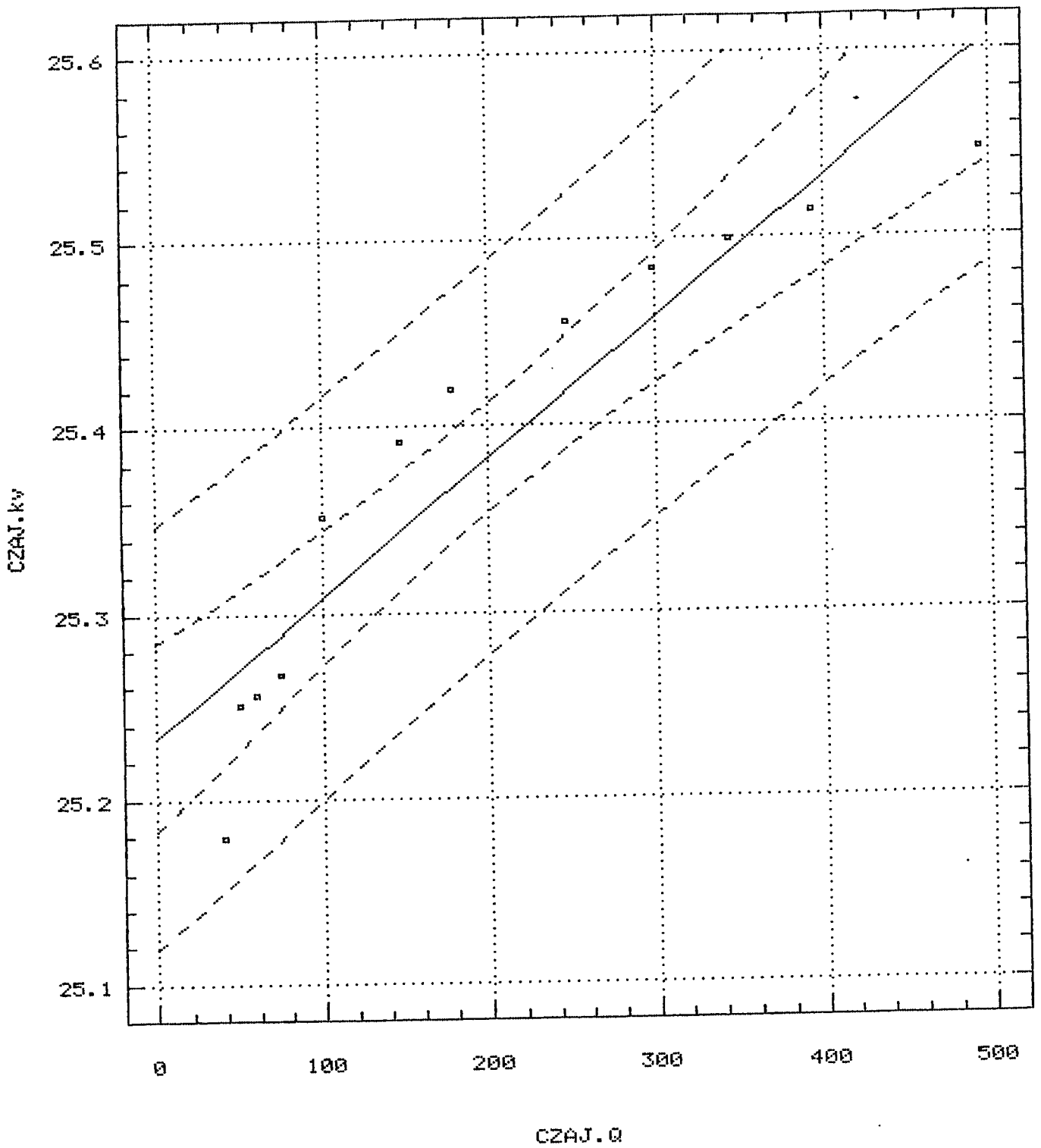
— Fitted

□ Actual



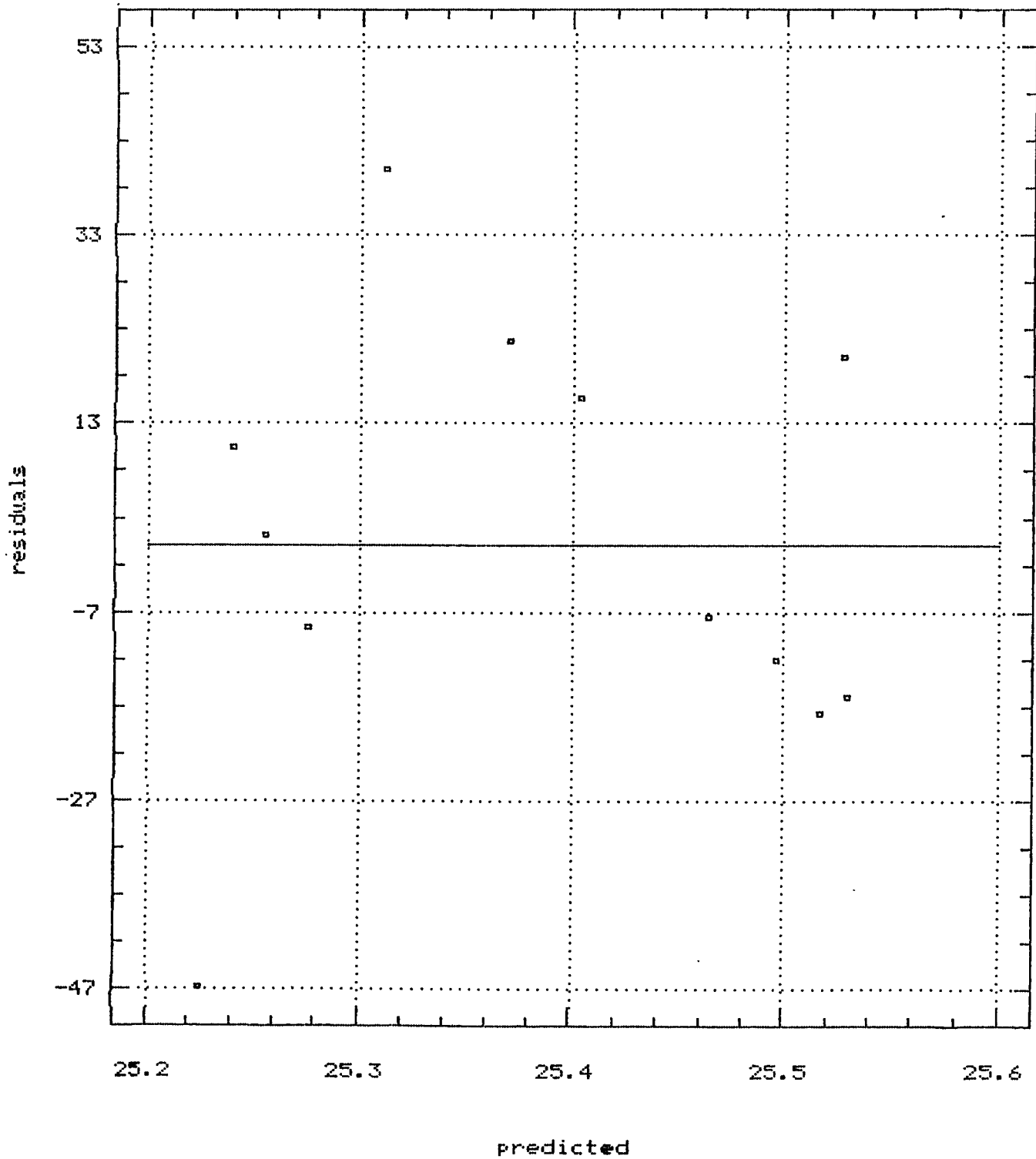


Regression of CZAJ.kv on CZAJ.Q



Residual Plots for WORKAREA.y

(X 1E-3)



Regression Analysis - Linear model:  $Y = a + bX$

Dependent variable: CZAJ.kv

Independent variable: CZAJ.C

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	25.2336	0.0225909	1116.98	.00000
Slope	7.48949E-4	9.07297E-5	8.25473	.00001

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.143049	1	.143049	68.14054	.00001
Error	.0209932	10	.0020993		
Total (Corr.)	.164042	11			

Correlation Coefficient = 0.933823  
 Std. Error of Est. = 0.0458184

R-squared = 87.20 percent