

## SPC – STATYSTYCZNE STEROWANIE PROCESAMI PRODUKCJI

### 4. Zdolność procesu produkcyjnego

Analiza zdolności procesu jest dostępna w programie z poziomu menu głównego: **Statystyka/Statystyki przemysłowe/Analiza procesu** lub w ograniczonym zakresie z poziomu okna kart kontrolnych. Na początek w oparciu o przykład 1. z części teoretycznej zostanie omówiony drugi sposób.

#### Przykład 1.

W arkuszach *dane1a* i *dane1b* zapisano wyniki 125 pomiarów (25 kolejnych próbek, 5 pomiarów) grubości warstwy fotorezystu. Należy zbadać stabilność procesu wykorzystując kartę  $\bar{X} - R$  a następnie zdolność procesu do produkowania wyrobów spełniających wymagania klientów biorąc pod uwagę specyfikację według której grubość warstwy fotorezystu powinna wynosić  $1,50 \pm 0,50$  mikronów.

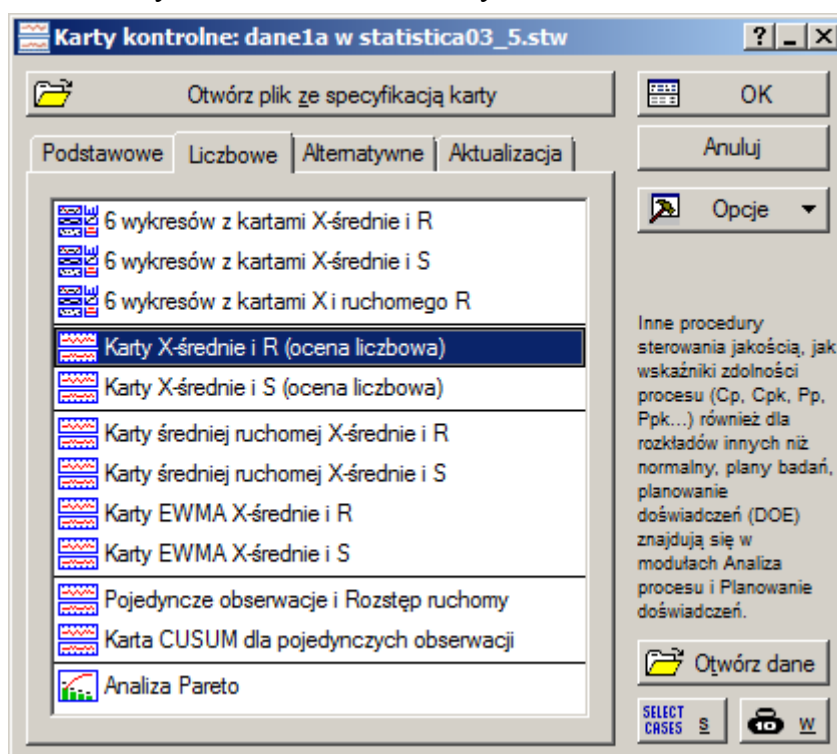
Dane w obydwu arkuszach zapisane są w postaci surowej :

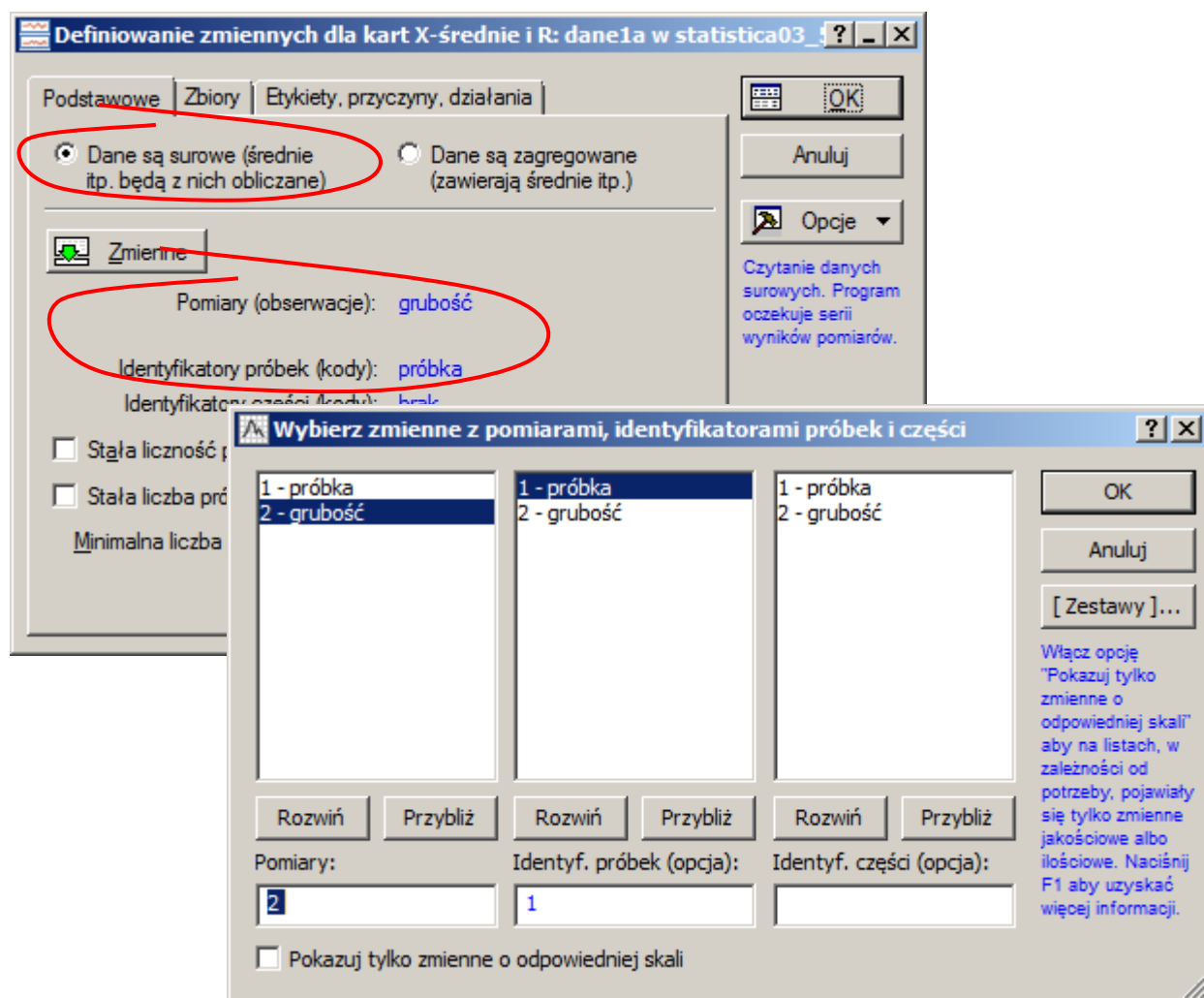
	1	2
	próbka	grubość
1	1	1,32
2	1	1,41
3	1	1,67
4	1	1,46
5	1	1,69
6	2	1,43
7	2	1,36

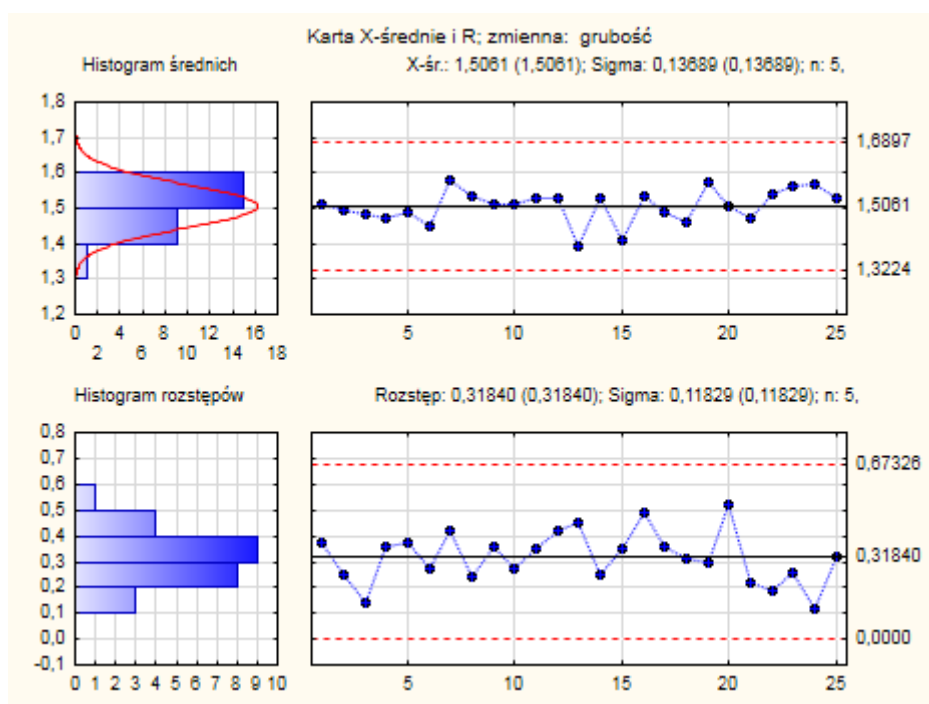
	1	2
	próbka	grubość
1	1	1,35
2	1	1,42
3	1	1,37
4	1	1,4
5	1	1,48
6	2	1,22
7	2	1,33

po wybraniu karty  $\bar{X} - R$  należy wskazać dane do analizy.





Wyświetlona po zamknięciu okna karta wskazuje, że proces jest statystycznie stabilny.



Zdolność procesu można zbadać wybierając przycisk **Zdolność procesu** na zakładce **Specyf. X** lub **Specyf. R/S** okna karty. Po wybraniu analizy należy wprowadzić granice specyfikacji. Domyślnie okno jest ustawione w trybie wprowadzania wartości nominalnej i odstęp, można również wprowadzić dolną i górną granicę specyfikację, wybrać tylko górną lub tylko dolną granicę. Wartość nominalna może ale nie musi być wprowadzana (pole wyboru **Nominalna**). W przykładzie parametry specyfikacji zostały określone jako  $1,50 \pm 0,50$  specyfikację można więc wprowadzić wykorzystując domyślny sposób: **Nominalna  $\pm$  delta**. Po zamknięciu okna specyfikacji wyświetlane są wartości obliczonych wskaźników.

The image shows a sequence of steps in Minitab for setting process specifications. The main window is titled "Xśr./R: grubość: dane1a w statisti...". The "Specyf. X" tab is active. The "Specyfikacje dla karty X" section shows the "Zbiór" set to "Ogól próbek (domyślny)". The "Linia centralna" is "Średnia procesu", "Sigma" is "Obliczona", "UCL" is "3,0000 \* S", and "LCL" is "-3,0000 \* S". The "Linie ostrzegawcze" are also visible. The "Zdolność procesu" button is circled in red. A dialog box titled "Specyfikacja analizy zdolności: dane1a w statistica03\_5.stw" is open, showing "Typ specyfikacji" set to "Nominalna  $\pm$  delta". A dropdown menu is open, showing options: "Nominalna  $\pm$  delta", "Dolna, nominalna, góma", "Dolna, nominalna", and "Nominalna, góma". The "Nominalna" checkbox is checked. The "Dolna granica specyfikacji (USL)" is 1,5 and "Góma granica specyfikacji (USL)" is 2,0. The "Granice sigma procesu" is 3. The "OK (oblicz)" button is circled in red. A second dialog box shows the same settings, but with the "OK (oblicz)" button circled in red. The "Dane: grubość; Ogól próbek (domyślny...)" window is open, showing a table of calculated process capability indices. The table is as follows:

Wskaźnik	Wartość
Dolna granica specyfikacji	1,000000
Wartość nominalna	1,500000
Góma granica specyfikacji	2,000000
CP potencjalna zdolność	1,217509
CR frakcja zdolności	0,821349
CPK wskaźnik wydajności	1,202704
CPL dolny wskaźnik zdolności	1,232314
CPU górny wskaźnik zdolności	1,202704
K niewycentrowanie	0,012160

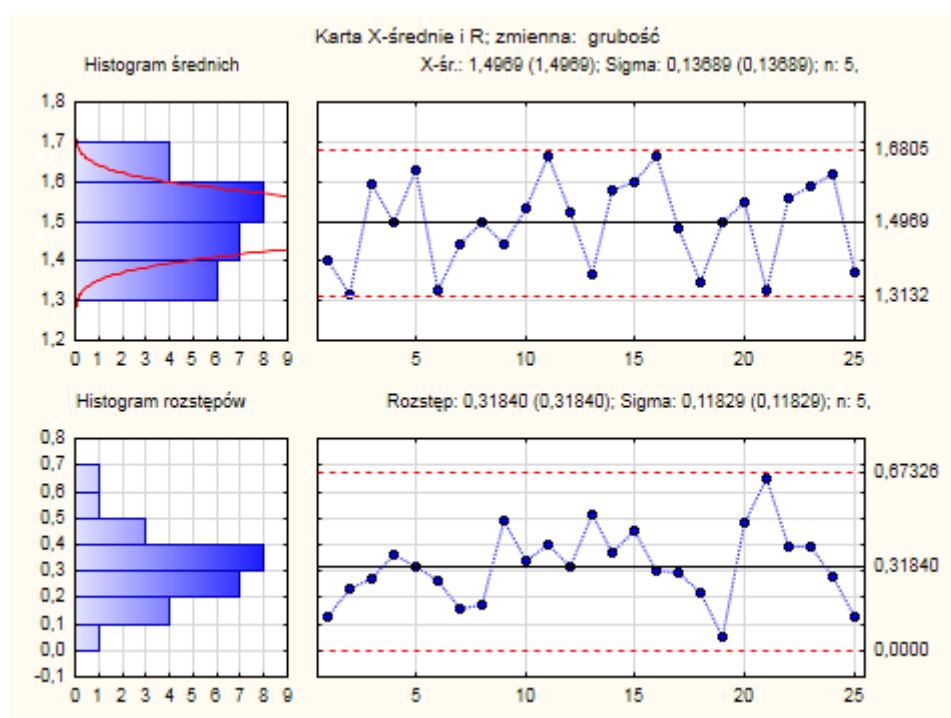
The "Dane: grubość; Ogól próbek (domyślny...)" window is also open, showing a table of calculated process performance indices. The table is as follows:

Wskaźnik	Wartość
Dolna granica specyfikacji	1,000000
Wartość nominalna	1,500000
Góma granica specyfikacji	2,000000
PP (wskaźnik wykonania)	1,283897
PR (frakcja wykonania)	0,778879
PPK (przedst. dosk. wykonania)	1,268285
PPL dolny wskaźnik wykonania	1,299509
PPU górny wskaźnik wykonania	1,268285



Wszystkie otrzymane wartości wskaźników zdolności  $\hat{C}_p$ ,  $\hat{C}_{pk}$ ,  $\hat{C}_{pl}$ ,  $\hat{C}_{pu}$  są większe od 1, co oznacza, że proces można uznać za zdolny. Ocena tak niesie za sobą pewne ryzyko. Wartości wskaźników są bliskie 1 więc naturalna zmienność procesu wypełnia prawie w całości (w około 82%,  $\hat{C}_p \approx 0,8213$ ) założone przez specyfikację granice. Wystąpienie nielosowej przyczyny specjalnej może w tym przypadku szybko doprowadzić do przesunięcia procesu i w efekcie może przyczynić się do powstania dużej liczby braków, z tego względu a na ogół wymaga się aby wartości wskaźników były większe od 1,33. Wskaźniki wykonania  $\hat{P}_p$ ,  $\hat{P}_{pk}$ ,  $\hat{P}_{pl}$ ,  $\hat{P}_{pu}$  mają trochę większe wartości ale wszystkie są mniejsze od zalecanej 1,33.

Analiza procesu wykonana na podstawie danych zapisanych w arkuszu *dane1b* prowadzi do takich samych wniosków jak w części teoretycznej. Jak pokazuje karta  $\bar{X} - R$  proces jest statystycznie stabilny.



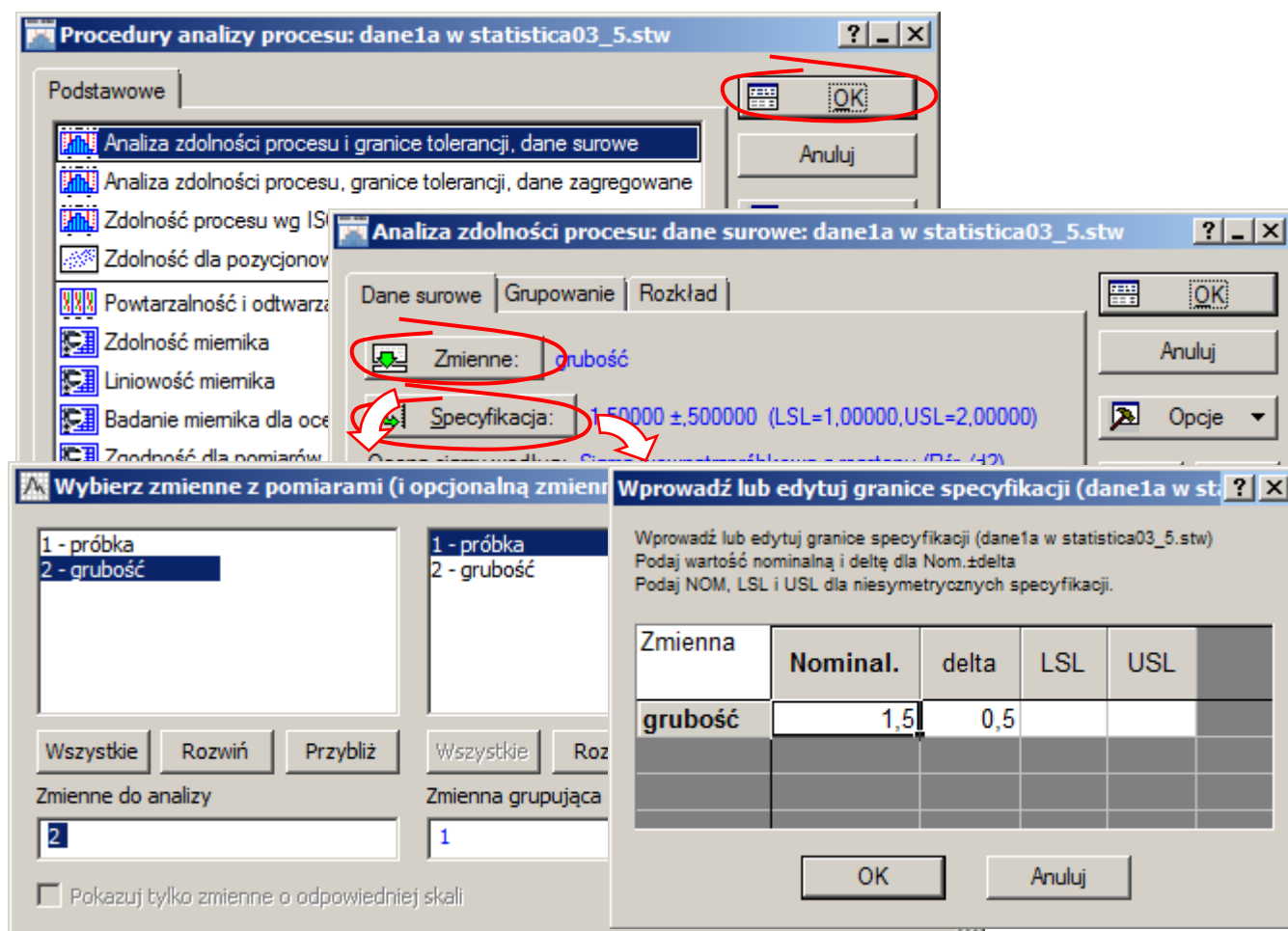
Wskaźniki zdolności wskazują, że proces jest zdolny, ale wskaźniki wykonania (mniejsze od 1) sygnalizują konieczność korekty procesu ze względu na niestabilność jego średniej.

Dane: grubość; Ogół próbek (domyślny...)	
Wskaźnik zdolności	grubość; Og
Sigma wewn. próbki=Rśr./d2	-3,000 *Sign
	3,000 *Sign
	<b>Wartość</b>
<b>Dolna granica specyfikacji</b>	1,000000
Wartość nominalna	1,500000
Górna granica specyfikacji	2,000000
CP potencjalna zdolność	1,217509
CR frakcja zdolności	0,821349
CPK wskaźnik wydajności	1,209912
CPL dolny wskaźnik zdolności	1,209912
CPU górny wskaźnik zdolności	1,225106
K niewycentrowanie	0,006240

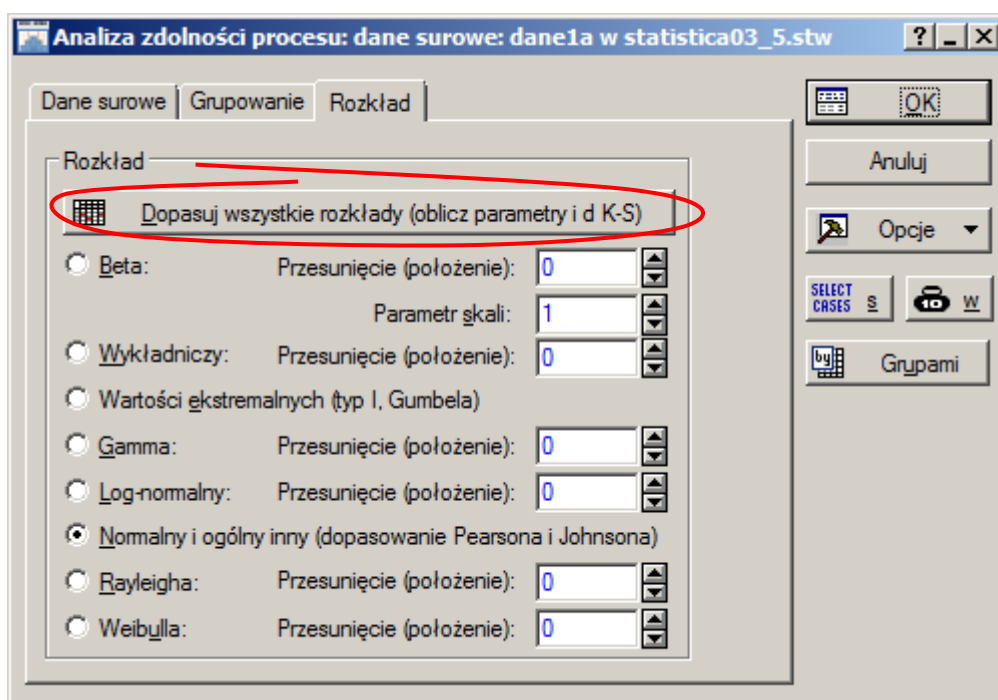
Dane: grubość; Ogół próbek (domyślny...)	
Wskaźnik wykonania	grubość; Og
	-3,000 *Sign
	3,000 *Sign
	<b>Wartość</b>
<b>Dolna granica specyfikacji</b>	1,000000
Wartość nominalna	1,500000
Górna granica specyfikacji	2,000000
PP (wskaźnik wykonania)	0,985704
PR (frakcja wykonania)	1,014504
PPK (przedst. dosk. wykonania)	0,979553
PPL dolny wskaźnik wykonania	0,979553
PPU górny wskaźnik wykonania	0,991854



Analizę procesu można przeprowadzić również bezpośrednio z poziomu okna **Analiza zdolności procesu** (wybierając z menu: **Statystyka/Statystyki przemysłowe/Analiza procesu**). Z dostępnych procedur analizy należy wybrać pierwszą – przeprowadzaną w oparciu o dane surowe. Po zamknięciu okna wyboru procedury, w kolejnym oknie należy wskazać dane oraz określić parametry specyfikacji.



Przed wykonaniem analizy można jeszcze sprawdzić rozkład danych wybierając przycisk **Dopasuj wszystkie rozkłady**.





statistica03\_5.stw - Oceny parametrów dla wszystkich rozkładów (dane1a w statistica03\_5.stw)

Oceny parametrów dla wszystkich rozkładów (dane1a w statistica03\_5.stw)  
 Zmienna: grubość N = 125  
 (wartości p przy założeniu znajomości parametrów a priori)  
 Rozkłady są uporządkowane wg dobroci dopasowania do danych (u góry są najlepsze)  
 Wszystkie rozkłady z poziomem p testu Kołmogorowa-Smirnowa oznaczony n.i.,  $0,1 \leq p < 0,2$  lub  $0,5 \leq p < 0,1$  są dobrymi modelami danych.  
 Uwaga: Jeśli rozkład normalny pasuje do danych, to należy go użyć.

Rozkład	Użytkow. Param. 1	Użytkow. Param. 2	Param. 1	Param. 2	d K-S	K-S p
Inny niż normalny (skośność, kurtosis)			0,074870	-0,3623	0,065705	n.i.
Log-normalny (próg, skala, kształt)	0,00		0,405805	0,0866	0,066714	n.i.
Gamma( próg, skala, kształt)	0,00		0,011146	135,1253	0,071542	n.i.
<b>Normalny (położenie, skala)</b>			1,506080	0,1298	0,078638	n.i.
Weibulla (próg, skala, kształt)	0,00		1,565789	12,3753	0,085362	n.i.
Wartości ekstrem.(położenie, skala)			1,441915	0,1230	0,088047	n.i.
Rayleigha (próg, skala)	0,00		1,068876		0,482319	p<,01
Wykładniczy (próg, skala)	0,00		1,506080		0,553032	p<,01
Beta (próg, sigma, kształt, kształt)	0,00	1,000000				--

Oceny parametrów dla wszystkich rozkładów (dane1a w statistica03\_5.stw)

Graniczny poziom istotności  $p$ -value jest **n.i.** (nieistotny tzn. dużo większy od poziomu istotności  $\alpha$ ). Zgodnie z uwagą w nagłówku okna **Oceny parametrów** należy przyjąć że rozkład danych z próby jest rozkładem normalnym. Rozkład normalny jest domyślnie ustawiany jako rozkład dla analizowanego zbioru danych (patrz: zakładka **Rozkład** poprzedniego okna) więc wybierając przycisk OK można rozpocząć analizę zdolności procesu.

W nagłówku okna analizy wyświetlane są oszacowane na podstawie danych: wartość średnia, odchylenie standardowe całkowite i wewnątrzpróbkowe. Wartości wskaźników zdolności i wykonania wyświetlane są po naciśnięciu przycisku **Podsum. bieżącej zmiennej** na zakładce **Podstawowe** w grupie **Rozkład normalny**.

Analiza zdolności procesu: rozkład normalny i ogólny inny: dane1a w statistica03\_5.stw

Zmienna: grubość Śred.: 1,50608  
 Razem N: 125 Całkowita sigma procesu: ,129813  
 Próbkki: 25 N próbek: 5 Sigma-S wewnątrzpróbkowa: ,136892  
 UWAGA: Sigma-S wewn. próbki oszacowano z rozstępu (Rsr./d2)

Zmienna << >> grubość

Podsumowanie

Anuluj

Opcje

Grupami

UWAGA: Sigma wewnątrzpróbkowa służy do obliczania wskaźników zdolności (np. Cpk); sigma ogólna służy do obliczania wskaźników wykonania (Pp, Ppk).

Więcej, rozkład ogólny inny

Granice tolerancji

Opcje

Podstawowe

Specyfikacja

Więcej, rozkład normalny

Rozkład normalny

Podsum. bieżącej zmiennej

Wszystkie zmienne

Histogram podsumowujący

Rozkład inny niż normalny (dopasowanie Pearsona i Johnsona)

Podsum. bieżącej zmiennej

Wszystkie zmienne

Inny niż normalny, histogram podsumowujący



Podobnie jak w przypadku analizy prowadzonej z poziomu karty kontrolnej obliczane są wartości wskaźników zdolności:  $\hat{C}_p$ ,  $\hat{C}_r$ ,  $\hat{C}_{pk}$ ,  $\hat{C}_{pl}$ ,  $\hat{C}_{pu}$ , dodatkowo obliczany jest również wskaźnik  $\hat{C}_m$ , oraz wartości wskaźników wykonania  $\hat{P}_p$ ,  $\hat{P}_r$ ,  $\hat{P}_{pk}$ ,  $\hat{P}_{pl}$ ,  $\hat{P}_{pu}$ . Dwa dolne okna zawierają granice przedziałów ufności dla wskaźników  $\hat{C}_p$ ,  $\hat{C}_{pk}$ ,  $\hat{P}_p$ ,  $\hat{P}_{pk}$  oraz szacowaną na milion elementów liczbę elementów niezgodnych (PPM całkowite), liczbę elementów przekraczających dolną (PPM < LSL) oraz górną granicę specyfikacji (PPM > USL). W oknie z przedziałami ufności dla wskaźników zdolności liczby elementów niezgodnych wyznaczone są z wykorzystaniem odchylenia wewnątrzpróbkowego, w oknie z przedziałami dla wskaźników wykonania z wykorzystaniem odchylenia standardowego całkowitego. Dodatkowo wyświetlane są przeliczone na milion elementów liczby elementów niezgodnych oszacowane na podstawie danych z próby (w tym przykładzie żaden z wyników nie przekracza granic specyfikacji).

Dane: Zmienna: (dane1a w statistica03...	
	Zmienna: (d -3,000 *Sig +3,000 *Sig
Wsk. zdolności	Wartość
Dolna granica specyfik.	1,000000
Specyfikacja nominalna	1,500000
Górną granicę specyfik.	2,000000
CP (zdolność potencjalna)	1,217509
CR (frakcja zdolności)	0,821349
CPK (przedstaw. doskonałość)	1,202704
CPL dolny wskaźnik zdolności	1,232314
CPU górny wskaźnik zdolności	1,202704
K (niewycentrowanie)	0,012160
<b>CPM (zdolność potenc. II)</b>	<b>1,282480</b>

Dane: Zmienna: (dane1a w statistica03...	
	Zmienna: (d -3,000 *Sig +3,000 *Sig
	Wartość
Dolna granica specyfik.	1,000000
Specyfikacja nominalna	1,500000
Górną granicę specyfik.	2,000000
PP (wskaźnik wykonania)	1,283897
PR (frakcja wykonania)	0,778879
PPK (przedst. dosk. wykonania)	1,268285
PPL dolny wskaźnik wykonania	1,299509
PPU górny wskaźnik wykonania	1,268285

Dane: Zdolność proc., Z standaryz., granice ...	
	Zdolność pr Zmienna: gr
Wsk. zdolności	Wartość
Cp - dolna granica p.ufn.	1,0398
Cp - górna granica p.ufn.	1,3949
Cpk - dolna granica p.ufn.	1,0175
Cpk - górna granica p.ufn.	1,3879
Z - potencjalne	3,4668
Z - LSL	3,6969
Z - USL	3,6081
Z - dolna granica p.ufn.	1,8864
Z - górna granica p.ufn.	
Całkowita wydajność procesu	
<b>PPM &lt; LSL</b>	<b>109,1064</b>
<b>PPM &gt; USL</b>	<b>154,2167</b>
<b>PPM całkowite</b>	<b>263,3231</b>
Obserwowana wydajność procesu	
<b>PPM &lt; LSL</b>	
<b>PPM &gt; USL</b>	
<b>PPM całkowite</b>	
Cpm - dolna granica p.ufn.	1,1236
Cpm - górna granica p.ufn.	1,4411

Dane: Zdolność proc., Z standaryz., grani...	
	Zdolność pr Zmienna: gr
	Wartość
Pp - dolna granica p.ufn.	1,1242
Pp - górna granica p.ufn.	1,4434
Ppk - dolna granica p.ufn.	1,1000
Ppk - górna granica p.ufn.	1,4366
Z - całkowite	3,6741
Z - LSL	3,8985
Z - USL	3,8049
Z - dolna granica p.ufn.	1,8908
Z - górna granica p.ufn.	
Potencjalna wydajność procesu	
<b>PPM &lt; LSL</b>	<b>48,3897</b>
<b>PPM &gt; USL</b>	<b>70,9438</b>
<b>PPM całkowite</b>	<b>119,3335</b>



Liczbę elementów niezgodnych przeliczoną na ilość danych poddanych analizie można również wyświetlić po naciśnięciu przycisku **Liczby pomiarów poza specyfikacją** na zakładce **Więcej, rozkład normalny**. Obserwowana liczba niezgodnych wynosi 0 (kolumna **Obserwow**), szacowana na podstawie sigmy całkowitej wynosi 0,014917 (kolumna **oczekiw.**).

Dane: Zmienna; rozkład: Rozkład normalny (dane1a w statisti...				
Zmienna: rozkład: Rozkład normalny (dane1a w statisti Specyfikacje: Dolna=1,00000 Nomin.= 1,50000 Górna=2 Średn1,5061,od.std.:12981				
	Obserwow	Procent Obserwow	oczekiw.	Procent oczekiw.
Ponad USL:	0	0,00	0,008868	0,007094
Pod LSL:	0	0,00	0,006049	0,004839
<b>Razem</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,014917</b>	<b>0,011933</b>

W przypadku gdy dane nie mają rozkładu normalnego wskaźniki zdolności wyznaczane są z wykorzystaniem kwantyli  $q_{0,00135}$ ,  $q_{0,5}$  i  $q_{0,99865}$ . Wartości tak obliczonych wskaźników zdolności wyświetlane są po naciśnięciu przycisku **Podsum. bieżącej zmiennej** na zakładce **Podstawowe** w grupie **Rozkład inny niż normalny**.

**Analiza zdolności procesu: rozkład normalny i ogólny inny: dane1a w statistica03\_5.stw**

Zmienna: **grubość** Śred.: **1,50608**  
Razem N: **125** Całkowita sigma procesu: **,129813**  
Próbki: **25** N próbek: **5** Sigma-S wewnątrzpróbkowa: **,136892**  
UWAGA: Sigma-S wewn. próbki oszacowano z rozstępu (Rsr./d2)

Zmienna << >> **grubość** Podsumowanie Anuluj Opcje Grupy

Więcej, rozkład ogólny inny Granice tolerancji Opcje  
Podstawowe Specyfikacja Więcej, rozkład normalny

Rozkład normalny

Podsum. bieżącej zmiennej  
Histogram podsumowujący  
Rozkład inny niż normalny (dopasowanie)  
**Podsum. bieżącej zmiennej**  
Inny niż normalny, histogra

**statistica03\_5.stw\* - Zmienna: (dane1a w statistica03\_5.stw)**

Zmienna: (dane1a w statistica03\_5.stw)  
-3,000 \*Sigma=1,09541  
+3,000 \*Sigma=1,91675

	Normalny Rozkł.	i.n.nor. Rozkł.	Krzywe Pearsona
Wsł. zdolności Sigma wewn. próbki=Rsr./d2			
<b>Dolna granica specyfik.</b>	<b>1,000000</b>		
Specyfikacja nominalna	1,500000		
Górna granica specyfik.	2,000000		
Dolny percentyl: ,135	1,095405	1,151203	1,153172
Mediana (50%): 50,000	1,506080	1,503984	1,504069
Górny percentyl: 99,865	1,916755	1,887019	1,886474
CP (zdolność potencjalna)	1,217509	1,359035	1,363695
CR (frakcja zdolności)	0,821349	0,735816	0,733302
CPK (przedstaw. doskonałość)	1,202704	1,294962	1,296872
CPL (CP, dolna)	1,232314	1,428604	1,436518
CPU (CP, górna)	1,202704	1,294962	1,296872
K (niewycentrowanie)	0,012160	0,007969	0,008138

Zmienna: (dane1a w statistica03\_5.stw)

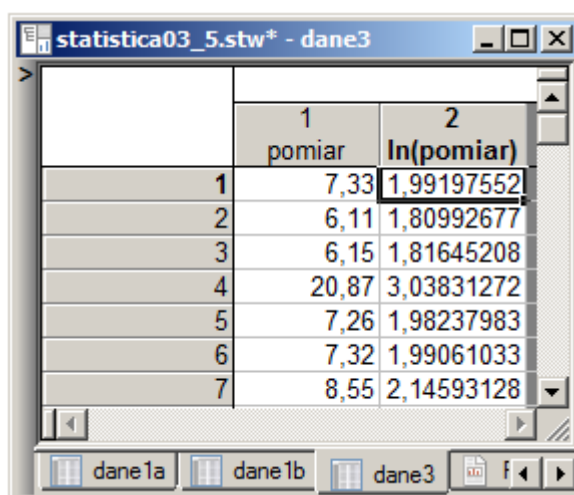




Kolumna **Normalny Rozkł.** zawiera oszacowane przy pomocy kwantyli wskaźniki dla rozkładu normalnego (mają one takie same wartości jak w przypadku obliczonych z wykorzystaniem klasycznych wzorów), kolumny **i.n.nor. Rozkł.** (inny niż normalny rozkład) i **Krzywe Pearsona** zawierają wartości kwantyli i wskaźników zdolności dla rozkładów dopasowanych krzywymi Johnsona i Pearsona (wartości te są zbliżone do tych otrzymanych dla rozkładu normalnego).

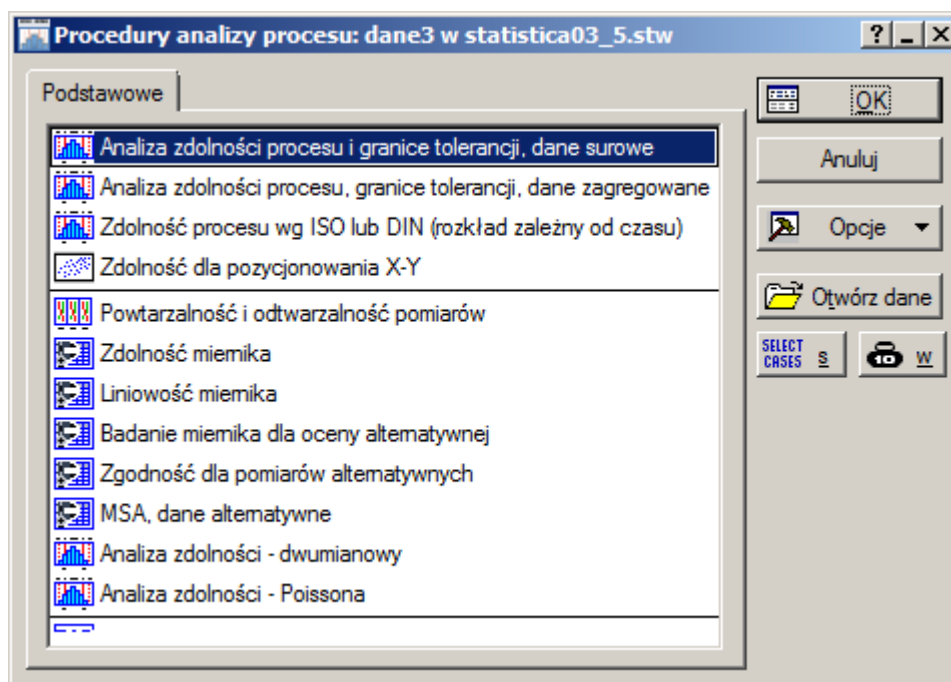
### Przykład 3.

W części teoretycznej w przykładzie 3. przeprowadzona została analiza dla danych wylosowanych z rozkładu logarytmiczno normalnego. Dane te zostały zapisane w arkuszu *dane3*, kolumna **pomiar** zawiera oryginalne dane, w kolumnie **ln(pomiar)** znajdują się dane przekształcone logarytmem naturalnym (zastosowanie transformacji logarytmicznej powoduje normalizację rozkładu danych).



	1 pomiar	2 ln(pomiar)
1	7,33	1,99197552
2	6,11	1,80992677
3	6,15	1,81645208
4	20,87	3,03831272
5	7,26	1,98237983
6	7,32	1,99061033
7	8,55	2,14593128

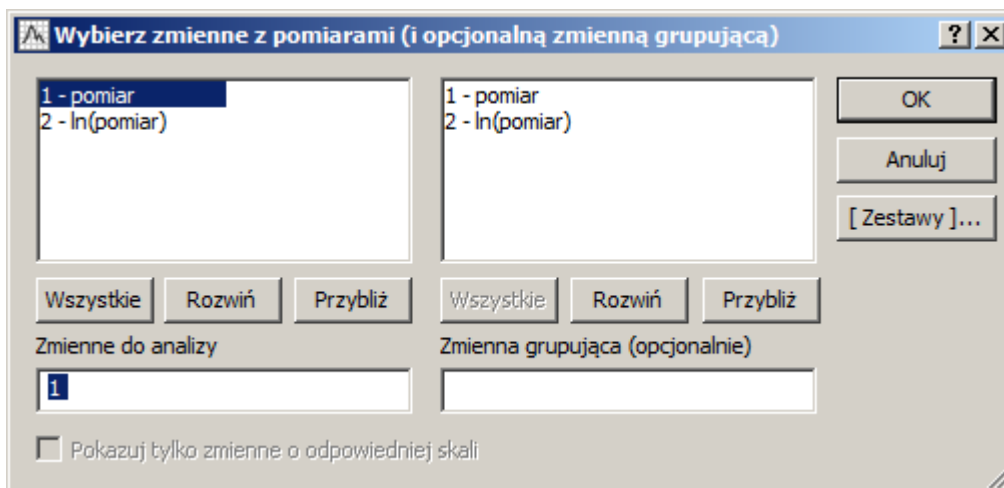
Analiza zdolności dostępna w oknie karty kontrolnej nie pozwala na zmianę rozkładu na inny niż normalny, analiza zdolności zostanie więc przeprowadzona z poziomu okna **Analiza zdolności procesu**.



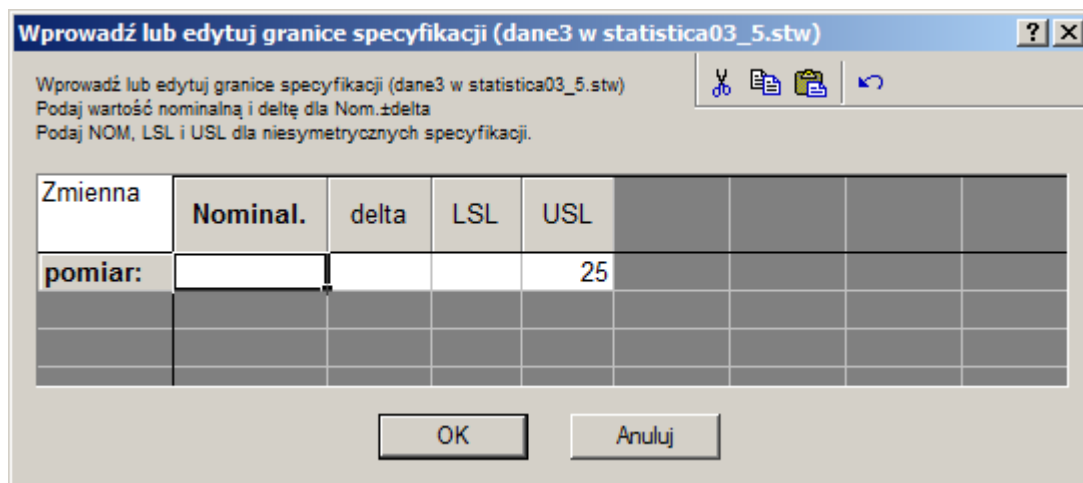
Ze względu na to, że dane nie zawierają zmiennej grupującej a analiza powinna być przeprowadzona tak jak w części teoretycznej dla próbek o rozmiarze 5, dane do analizy wygodnie jest wskazać wykorzystując zakładkę **Grupowanie**.

W tym przypadku należy:

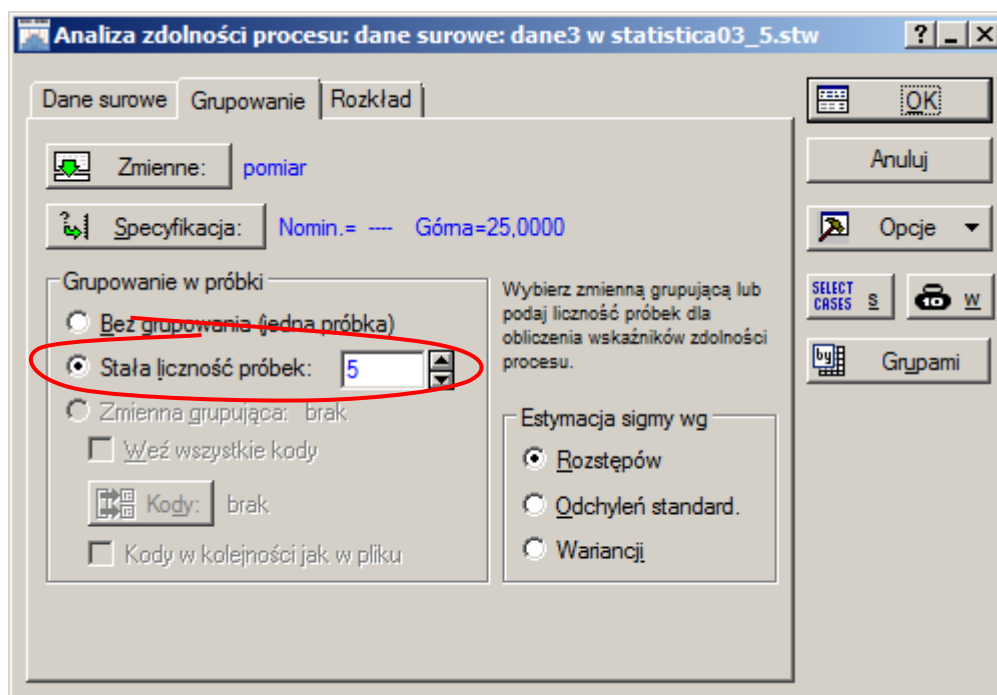
- wskazać analizowaną zmienną (*pomiar*),



- wprowadzić specyfikację (USL = 25),



- ustalić licznosc próbek (w rozważanym przykładzie: 5).



Przed wykonaniem analizy zostanie jeszcze sprawdzony rozkład danych (przycisk **Dopasuj wszystkie rozkłady**).

The image shows two screenshots from the Minitab software. The top screenshot is the 'Dopasuj wszystkie rozkłady' dialog box, where the 'Dopasuj wszystkie rozkłady (oblicz parametry i d K-S)' button is highlighted with a red circle. The bottom screenshot is the 'Oceny parametrów dla wszystkich rozkładów' window, which displays a table of fit statistics for various distributions. The table includes columns for the distribution name, parameters, and the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test results. The 'Normalny' distribution is highlighted with a red box, indicating it is the best fit.

Rozkład	Użytkow. Param. 1	Użytkow. Param. 2	Param. 1	Param. 2	d K-S	K-S p
Inny niż normalny (skośność, kształt)			0,96298	0,986958	0,039228	n.i.
Log-normalny (próg, skala, kształt)	0,00		2,09084	0,507140	0,040462	n.i.
Gamma( próg, skala, kształt)	0,00		2,11817	4,309330	0,047150	n.i.
Wartości ekstrem.(położenie, kształt)			7,10492	3,432991	0,054763	n.i.
Weibulla (próg, skala, kształt)	0,00		10,34115	2,180504	0,067895	n.i.
Rayleigha (próg, skala)	0,00		7,18276		0,085509	n.i.
<b>Normalny (położenie, skala)</b>			<b>9,12790</b>	<b>4,479527</b>	<b>0,102481</b>	<b>n.i.</b>
Wykładniczy (próg, skala)	0,00		9,12790		0,294716	p<,01
Beta (próg, sigma, kształt, kształt)	0,00	1,000000				--

W rozważanym przypadku test Kołmogorowa-Smirnowa wskazuje, że najlepsze dopasowanie osiągnięto przy pomocy krzywych Johnsona (rozkład **Inny niż normalny**). Na drugim miejscu znalazł się rozkład logarytmiczno normalny  $\ln \mathcal{N}(2,09084, 0,50714)$ , rozkład normalny  $\mathcal{N}(9,1279, 4,479527)$  znalazł się dopiero na siódmym miejscu.

Na początek analiza zdolności zostanie przeprowadzona przy założeniu, że rozkład danych jest rozkładem normalnym. Bez zmiany typu rozkładu (rozkład normalny jest ustawiony domyślnie) można rozpocząć analizę wybierając przycisk OK.

Analiza zdolności procesu: rozkład normalny i ogólny inny: dane3 w statistica03\_5.stw

Zmienna: pomiar Śred.: 9,12790  
 Razem N: 100 Całkowita sigma procesu: 4,47953  
 Próbkki: 20 N próbek: 5 Sigma-S wewnątrzpróbkowa: 4,50594  
 UWAGA: Sigma-S wewn. próbki oszacowano z rozstępu (R<sub>sr</sub>./d2)

Zmienna << >> pomiar

Podsumowanie

Anuluj

Opcje

Grupami

UWAGA: Sigma wewnątrzpróbkowa służy do obliczania wskaźników zdolności (np. Cpk); sigma ogólna służy do obliczania wskaźników wykonania (Pp, Ppk).

Wartości wskaźników zdolności i wykonania można wyświetlić, podobnie jak w przykładzie poprzednim, wybierając przycisk **Podsum. bieżącej zmiennej** w grupie **Rozkład normalny**.

Szacowane w oparciu o wyznaczoną średnią i odchylenie standardowe liczby elementów niezgodnych 213,76 ( $\sigma_{within}$ ) i 197,611 ( $\sigma_{overall}$ ) są około 50 razy mniejsze od liczby niezgodnych estymowanej na podstawie danych (tzn. 10000).

Wsk. zdolności	Zdolność pr Zmienna: p	Wartość
Cp - dolna granica p.ufn.		
Cp - górna granica p.ufn.		
Cpk - dolna granica p.ufn.		0,97
Cpk - górna granica p.ufn.		1,38
Z - potencjalne		3,52
Z - LSL		
Z - USL		3,52
Z - dolna granica p.ufn.		1,79
Z - górna granica p.ufn.		
Całkowita wydajność procesu		
PPM < LSL		
PPM > USL		213,76
PPM całkowite		213,76
Obserwowana wydajność procesu		
PPM < LSL		
PPM > USL		10000,00
PPM całkowite		10000,00
Cpm - dolna granica p.ufn.		
Cpm - górna granica p.ufn.		

Wsk. zdolności	Zdolność pr Zmienna: p	Wartość
Pp - dolna granica p.ufn.		
Pp - górna granica p.ufn.		
Ppk - dolna granica p.ufn.		1,0041
Ppk - górna granica p.ufn.		1,3581
Z - całkowite		3,5433
Z - LSL		
Z - USL		3,5433
Z - dolna granica p.ufn.		1,7913
Z - górna granica p.ufn.		
Potencjalna wydajność procesu		
PPM < LSL		
PPM > USL		197,6110
PPM całkowite		197,6110





Wskaźniki zdolności i wykonania sugerują, że proces jest zdolny ( $\hat{C}_{pk} = 1,17416$ ,  $\hat{P}_{pk} = 1,18109$ ).

Wskaźnik	Wartość
Dolna granica specyfik.	
Specyfikacja nominalna	
Górna granica specyfik.	25,00000
CP (zdolność potencjalna)	
CR (frakcja zdolności)	
CPK (przedstaw. doskonałość)	1,17416
CPL dolny wskaźnik zdolności	
CPU górny wskaźnik zdolności	1,17416
K (niewycentrowanie)	
CPM (zdolność potenc. II)	

Wskaźnik	Wartość
Dolna granica specyfik.	
Specyfikacja nominalna	
Górna granica specyfik.	25,00000
PP (wskaźnik wykonania)	
PR (frakcja wykonania)	
PPK (przedst. dosk. wykonania)	1,18109
PPL dolny wskaźnik wykonania	
PPU górny wskaźnik wykonania	1,18109

Duża rozbieżność przy szacowaniu liczby niezgodnych jest podstawą do zweryfikowania założenia o normalności rozkładu. Na zakładce **Więcej, rozkład normalny** dostępne są wykresy: histogram i wykres kwantyl–kwantyl ułatwiające ocenę zgodności rozkładu z rozkładem normalnym.

Analiza zdolności procesu: rozkład normalny i ogólny inny: dane3 w statistica03\_5.stw

Zmienna: pomiar Śred.: 9,12790  
 Razem N: 100 Całkowita sigma procesu: 4,47953  
 Próbkki: 20 N próbek: 5 Sigma-S wewnątrzpróbkowa: 4,50594  
 UWAGA: Sigma-S wewn. próbki oszacowano z rozstępu (Rsr./d2)

Zmienna << >> pomiar

Podsumowanie

Anuluj

Więcej, rozkład ogólny inny Granice tolerancji Opcje

Podstawowe Specyfikacja Więcej, rozkład normalny

Podsumowanie bieżącej zmiennej Wszystkie zmienne

**Histogram podsumowujący**

Liczba pomiarów poza specyfikacją (estymowana i obserwowana)

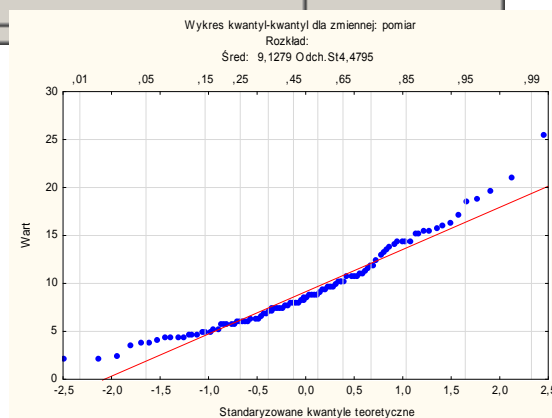
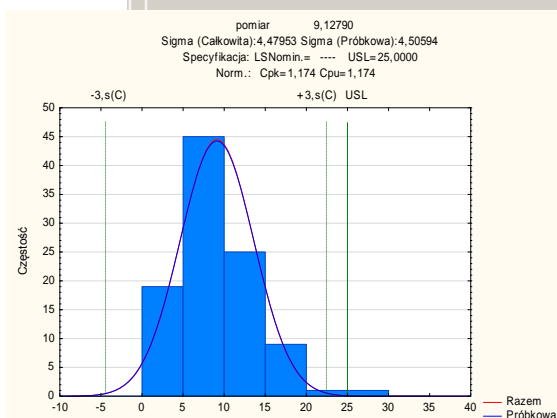
Statystyki opisowe **Kwantyl-kwantyl, rozkład normalny**

Rozkład liczn. i dobroć dopasow. Prawdopo.-prawdop. rozkład normalny

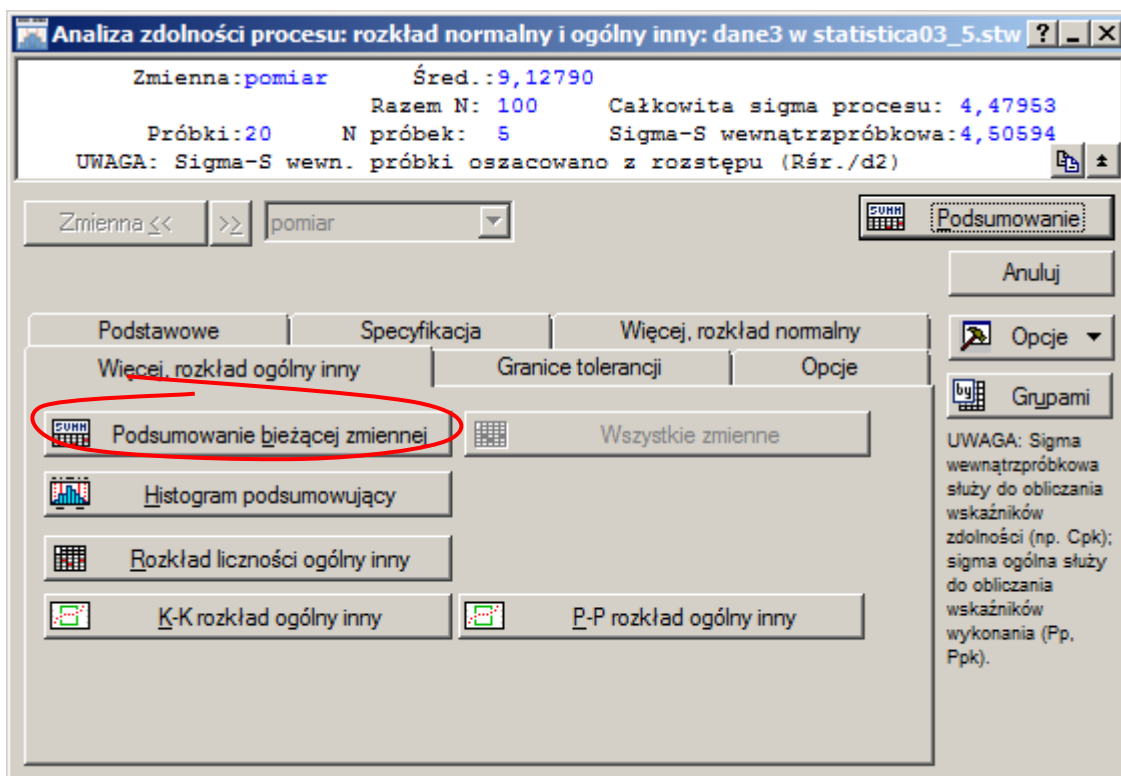
Opcje

Grupami

UWAGA: Sigma wewnątrzpróbkowa służy do obliczania wskaźników zdolności (np. Cpk); sigma ogólna służy do obliczania wskaźników wykonania (Pp, Ppk).



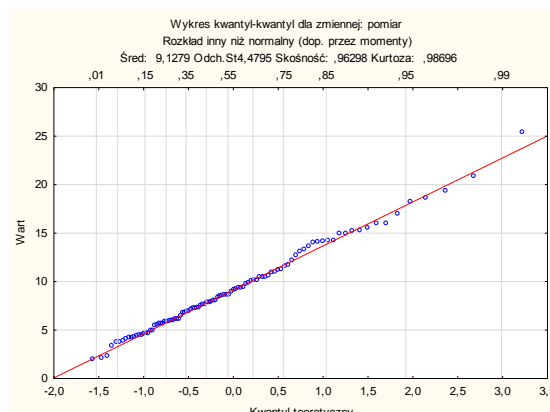
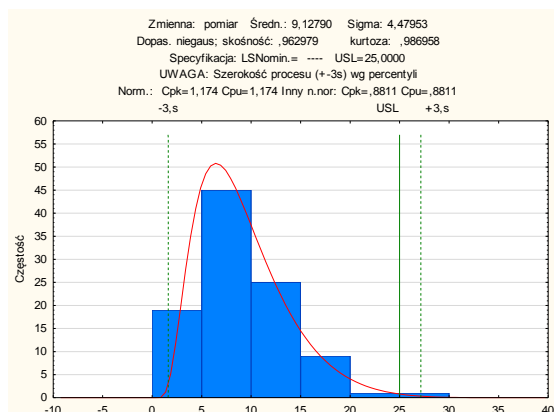
Test Kołmogorowa-Smirnowa wskazał, że można przyjąć, że rozkład danych jest rozkładem normalnym, wskazał jednak lepiej dopasowane rozkłady. Najlepsze dopasowanie osiągnięto przy pomocy krzywych Johnsona (rozkład **Inny niż normalny**). Wskaźniki zdolności dla dopasowania Johnsona można wyznaczyć wybierając przycisk **Podsum. bieżącej zmiennej** na zakładce **Podstawowe** w grupie **Rozkład inny niż normalny** lub **Podsumowanie bieżącej zmiennej** na zakładce **Więcej, rozkład ogólny inny**.



Wskaźniki  $\hat{C}_{pk} = 0,88106$  (dla dopasowania Johnsona) i  $\hat{C}_{pk} = 0,87550$  (dla dopasowania krzywymi Pearsona) wskazują, że proces nie może być uznany za zdolny.

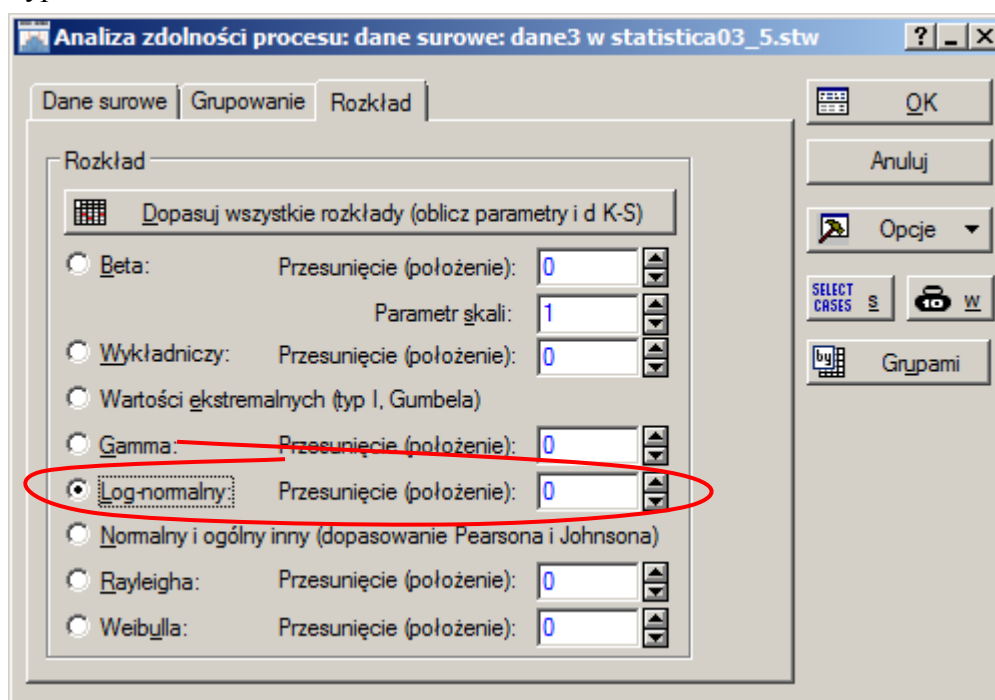
statistica03_5.stw - Zmienna: (dane3 w statistica03_5.stw)			
Zmienna: (dane3 w statistica03_5.stw) +3,000 *Sigma=22,6457			
Wsk. zdolności	Normalny Rozkł.	i.n.nor. Rozkł.	Krzywe Pearsona
Sigma wewn. próbki=Rśr./d			
Dolna granica specyfik.			
Specyfikacja nominalna			
Górna granica specyfik.	25,00000		
Dolny percentyl: ,135			
Mediana (50%): 50,000	9,12790	8,30054	8,30190
Górny percentyl: 99,865	22,64573	27,25440	27,37464
CP (zdolność potencjalna)			
CR (frakcja zdolności)			
CPK (przedstaw. doskonał	1,17416	0,88106	0,87550
CPL (CP, dolna)			
CPU (CP, górna)	1,17416	0,88106	0,87550
K (niewycentrowanie)			

Na zakładce **Więcej**, rozkład ogólny inny dostępne są: histogram (przycisk: **Histogram podsumowujący**) i wykres kwantyl–kwantyl (przycisk: **K-K rozkład ogólny inny**) ułatwiające ocenę zgodności rozkładu z dopasowanymi krzywymi Johnsona.



Wykresy pokazują, że dopasowanie rozkładu jest znacznie lepsze, należałoby więc uznać, że wskaźniki  $\hat{C}_{pk}$  dla krzywych Johnsona i Pearsona lepiej opisują zdolność procesu.

Na koniec zostanie przeprowadzona jeszcze analiza zdolności przy założeniu, że rozkład danych jest rozkładem logarytmiczno normalnym. W tym celu po anulowaniu bieżącej analizy w oknie poprzednim należy zmienić typ rozkładu.

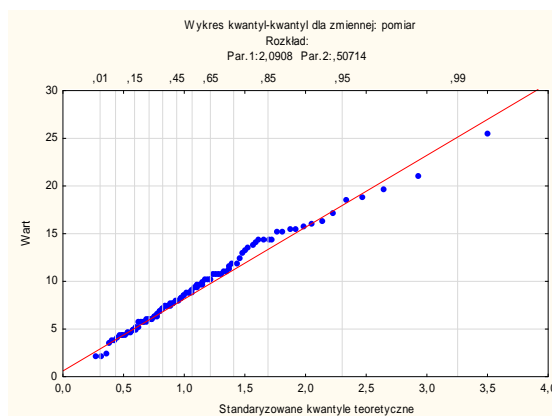
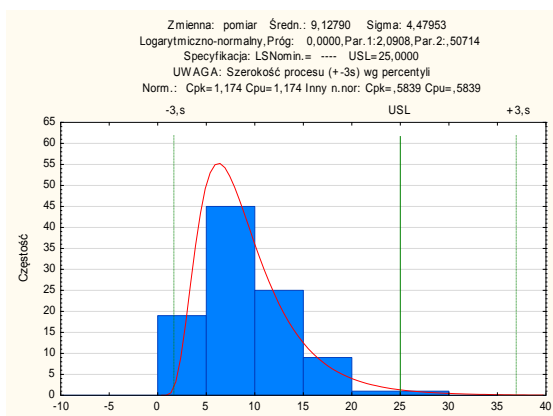


Po uruchomieniu nowej analizy wartości wskaźników zdolności można wyznaczyć wybierając przycisk **Podsum. bieżącej zmiennej** na zakładce **Podstawowe** lub na zakładce **Więcej**. Wskaźnik  $\hat{C}_{pk} = 0,58389$  (dla rozkładu logarytmiczno normalnego), podobnie jak wskaźniki dla (dla dopasowania krzywymi Johnsona i Pearsona), wskazuje, że proces nie może być uznany za zdolny.

Jakość dopasowania, a więc również wiarygodność wskaźnika zdolności, można potwierdzić wykreślając histogram i wykres kwanty-kwantyl (przyciski: **Histogram podsumowujący** i **Kwanty-kwantyl** na

zakładce **Więcej**) oraz porównując obserwowaną i estymowaną liczbę elementów niezgodnych (przycisk **Poza specyfikacją** na zakładce **Więcej**).

Zmienna:, rozkład: Logarytmiczno-normalny (dane3 w sta...)				
Zmienna:, rozkład: Logarytmiczno-normalny (dane3 w +3,000 *Sigma=22,6457				
Wsk. zdolności	Normalny Rozkł.	Log-norm Metoda %	i.n.nor. Rozkł.	Krzywe Pearsona
Sigma wewn. próbki=Rśr./d2				
Dolna granica specyfik.				
Specyfikacja nominalna				
Górna granica specyfik.	25,00000			
Dolny percentyl: ,135				
Mediana (50%): 50,000	9,12790	8,09175	8,30054	8,30190
Górny percentyl: 99,865	22,64573	37,04981	27,25440	27,37464
CP (zdolność potencjalna)				
CR (frakcja zdolności)				
CPK (przedstaw. doskonał	1,17416	0,58389	0,88106	0,87550
CPL (CP, dolna)				
CPU (CP, górna)	1,17416	0,58389	0,88106	0,87550
K (niewycentrowanie)				



Zmienna:, rozkład: Logarytmiczno-normalny (...)				
Zmienna:, rozkład: Logarytmiczno-normalny (dane3 w stat				
Specyfikacja: Nominalna= ---- Górna= 25,0000				
Próg: 0,0000, Par.1:2,0908, Par.2:,50714				
	Obserwow	Procent Obserwow	oczekiw.	Procent oczekiw.
Ponad USL:	1	1,000000	1,306409	1,306409
Pod LSL:				
Razem	1	1,000000	1,306409	1,306409

Obserwowana liczba niezgodnych wynosi 1 (kolumna **Obserwow**), szacowana na podstawie rozkładu  $\ln \mathcal{N}(2,0908, 0,50714)$  wynosi 1,306409 (kolumna **oczekiw.**) –można więc uznać że szacowania są prawidłowe.

Podobne wyniki otrzymuje się transformując najpierw dane do rozkładu normalnego (tutaj należałoby wykorzystać zmienną  $\ln(\text{pomiar})$  arkusza *dane3*) i wykonując analizę w oparciu o dane przekształcone.

