

METODY STATYSTYCZNE W OPTYMALIZACJI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

Wykład
Ćwiczenia
Laboratorium

dr Marian Krupa

AGENDA:

- ✓ Podstawowe kategorie statystyczne – powtórka
 - ✓ Zarządzanie procesami produkcyjnymi
 - ✓ Optymalizacja
1. Karty kontrolne Shewharta / TQM
 2. Six Sigma
 3. Analiza Pareto-Lorenca / metoda ABC
 4. Histogram i szereg rozdzielczy
 5. Analiza regresji i korelacji

STATYSTYKA

PODSTAWOWE KATEGORIE STATYSTYCZNE - POWTÓRKA

dr Marian Krupa

METODY STATYSTYCZNE A ZARZĄDZANIE

Zarządzanie jest skuteczne, jeśli opiera się na faktach, a nie na opiniach lub przypuszczeniach.

- **Statystyka** – zmienna losowa (wartość) będąca funkcją (relacją) wyników (ocen) próbki losowej (n pomiarów).
- **Statystyka** – analiza danych (poznanie prawidłowości w zakresie PRODawisk masowych) przy pomocy sprawdzonych metod (statystycznych).
- **Statystyki położenia**: średnia arytmetyczna, mediana, dominanta.
- **Statystyki rozproszenia** – rozstęp i odchylenie standardowe

PODSTAWOWE KATEGORIE STATYSTYCZNE

1. Średnia arytmetyczna
2. Mediana
3. Dominanta
4. Ocena ważona
5. Wartość MIN / MAX
6. Rozstęp
7. Odchylenie standardowe

PODSTAWOWE KATEGORIE STATYSTYCZNE

1. **Wartość średnia** / średnia arytmetyczna - obliczana jako suma zbioru wartości podzielona przez ich liczbę;
2. **Mediana** - środkowa liczba w zbiorze wartości (połowa liczb jest większa lub równa medianie i połowa liczb jest mniejsza lub równa medianie)

Oceny:	Przykład I:
	3, 5, 6, 1, 2, 4, 5
Uporządkowane:	1, 2, 3, 4, 5, 5, 6
Mediana:	4

Przykład II:
5, 1, 3, 4, 5, 2
1, 2, 3, 4, 5, 5
$\frac{3+4}{2} = \frac{7}{2} = 3,5$

średnia arytmetyczna
między dwiema
środkowymi obserwacjami

PODSTAWOWE KATEGORIE STATYSTYCZNE

3. **Dominanta** - liczba najczęściej występująca w danym zbiorze;
4. **Ocena ważona** - wartość średnia pomnożona przez wagi - tzw. wartość średnia ważona;
5. **Wartość MIN / MAX** – liczba o najmniejszej / największej wartości w danym zbiorze;
6. **Rozstęp** - przedział od wartości najmniejszej do największej;

PODSTAWOWE KATEGORIE STATYSTYCZNE

7. Odchylenie standardowe - średnia kwadratowa różnic między wartościami zmiennej a ich średnią arytmetyczną;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

gdzie x_i to kolejne wartości cechy w populacji, μ to wartość oczekiwana (średnia arytmetyczna), N to liczba obserwacji w populacji.

METODY STATYSTYCZNE A ZARZĄDZANIE

W zarządzaniu jakością nie chodzi o precyzyjne szacowanie prawdopodobieństw, przedziałów ufności itp. a raczej na pokazywaniu relacji, co jest lepsze, w jakim kierunku zmierza proces, czy dane narzędzie jest przydatne itp.

ZARZĄDZANIE PROCESAMI PRODUKCYJNYMI - PRZEGLĄD



Definicje



PRODUKCJA?

PRODUKCJA [K. Pasternak]:

- ✓ zespół skoordynowanych procesów pracy (**operacje, technologia**),
- ✓ w których świadoma i celowa działalność ludzka (**praca / wiedza**),
- ✓ przekształca przedmioty pracy (**surowce / materiały**)
- ✓ w produkty (**wyroby gotowe/ półfabrykaty**),
- ✓ używając do tego środków pracy (**maszyny i urządzenia**).

PRODUKCJA – zorganizowany proces (operacje) przekształcania surowców (przedmioty pracy) w wyroby gotowe (konsumpcyjne) przy pomocy ludzkiej pracy oraz maszyn i technologii (środki pracy).

[M.K]

Definicje



PRZEDSIĘBIORSTWO?

✓ **PRZEDSIĘBIORSTWO** – *jednostka gospodarcza* wyodrębniona pod względem ekonomicznym, organizacyjnym i prawnym.

[J. Lichtarski]

✓ **PRZEMYSŁ** – dział produkcji materialnej, w którym:

- wydobywanie zasobów przyrody oraz ich przetwarzanie w celu dostosowania do potrzeb ludzi;
- prowadzone jest na dużą skalę;
- zgodnie z podziałem pracy,
- przy powszechnym użyciu maszyn, gwarantującym ciągłość procesów wytwórczych i zapewniającym powtarzalność wyrobów.

[S. Smoleński]

Definicje



Zasady (działalność przedsiębiorstwa)?

- ✓ **zasada przedsiębiorczości** – podejmowanie działań (decyPRODi) gospodarczych ukierunkowanych na zysk, z uwzględnieniem ryzyka.
- ✓ **zasada gospodarności** – dążenie do celu (zysk) przy minimalnym zużyciu środków (minimalizacja kosztów).
- ✓ **zasada równowagi finansowej** – równoważenie przychodów i kosztów w celu maksymalizacji zysku.
- ✓ **zasada własności** – właściciele przedsiębiorstwa mają prawo do podejmowania decyPRODi.
- ✓ **zasada autonomii** – niezależne definiowanie celów, kształtowanie polityki kadrowej oraz strategii rynkowej.

[J. Lichtarski]

Definicje



Cele (przedsiębiorstwa)?

- ✓ **rentowność** – uzyskiwanie wysokiej (?) stopy zwrotu z inwestycji.
- ✓ **konkurencyjność** – dążenie do uzyskania odpowiedniej (?) pozycji na rynku.
- ✓ **produktywność** – maksymalne (?) wykorzystanie zasobów i pracy.
- ✓ **gospodarność** – utrzymanie racjonalnego (?) stanu zasobów.
- ✓ **rynkowość** – sprawne (?) reagowanie na potrzeby klientów.
- ✓ **innowacyjność** – efektywne (?) opracowanie i wdrażanie innowacji.
- ✓ **odpowiedzialność** – skuteczne (?) świadczenie na rzecz społeczeństwa i środowiska

[R.A. Weber]

Definicje



Funkcje (przedsiębiorstwa)?

- ✓ **Produkcja** – wytwarzanie, montaż, magazynowanie, transport wew.
- ✓ **Organizacja pracy** – analiza metod, mierzenie procesu pracy (wynagrodzenia), tworzenie systemów motywacyjnych, koordynacja.
- ✓ **Kontrola** – standardy i procedury zapewnienia jakości, systemy jakości, kontrola wyrobów stanowiskowa i międzyoperacyjna.
- ✓ **Planowanie** – plany produkcyjne (harmonogramy), sterowanie procesami, kontrola dostępu, systemy informatyczne MRP, SCM.
- ✓ **Technika** – pracownia konstrukcyjna/projektowa (CAD), procesy technologiczne, systemy informatyczne.
- ✓ **Utrzymanie** – maszyny i urządzenia, stanowiska pracy, budynki.

[T. Hill]

OPTYMALIZACJA

dr Marian Krupa

Optymalizacja:

- ✓ Metoda , sposób zaprojektowania najlepszego (?) z możliwych rozwiązania;
- ✓ uwzględniając kryteria, cechy, priorytety rozwiązania modelowego (wzorcowego).
- ✓ Optymalizacja zakłada poszukiwanie rozwiązań zgodnie z zasadą prakseologiczną – sprawnego działania (efektywne i skuteczne).
- ✓ Optymalizacja – w analizie wartości oznacza najbardziej korzystną relację stopnia spełnienia funkcji do kosztów łącznych.

1. KARTY KONTROLNE SHEWHARTA / TQM

TOTAL QUALITY MANAGEMENT

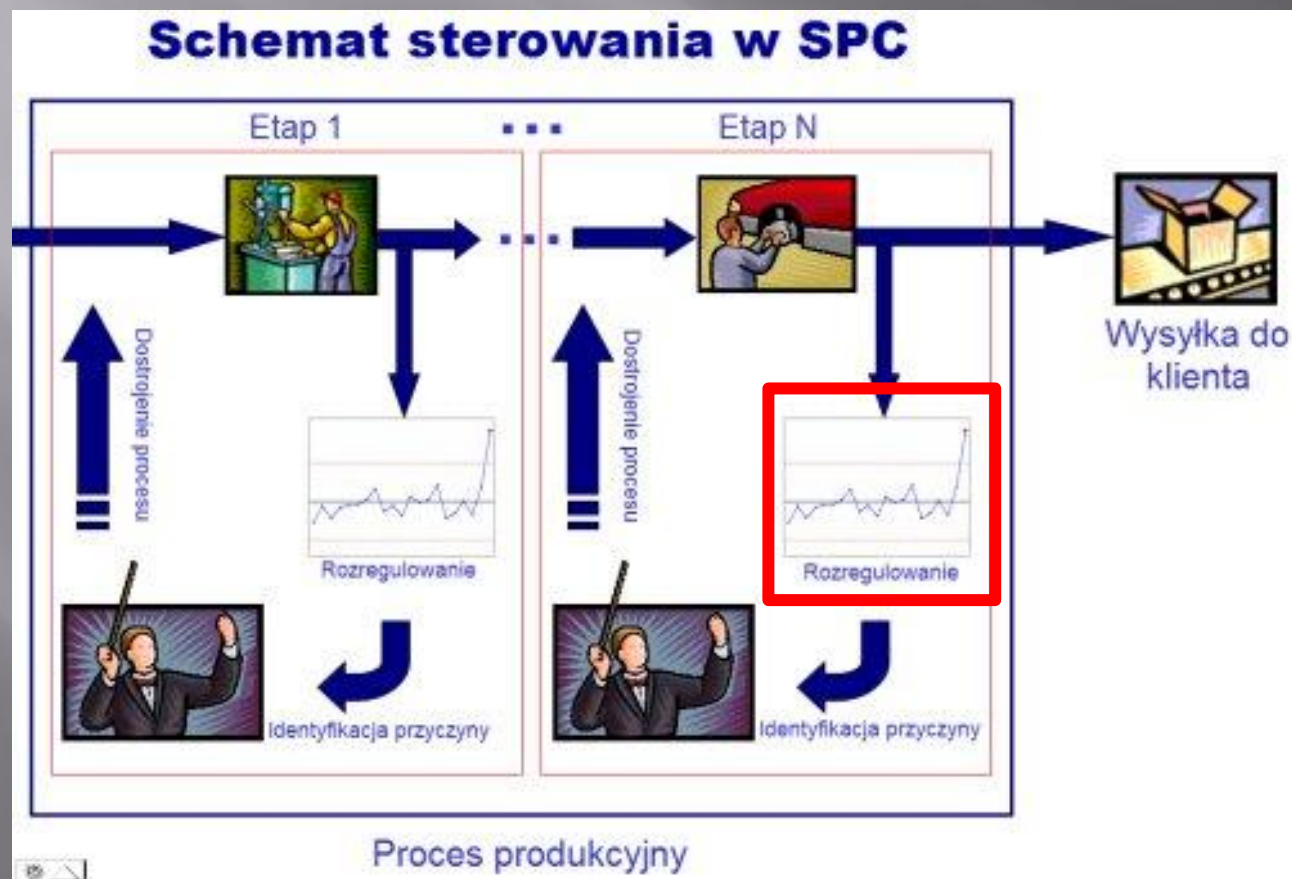
STATYSTYCZNE STEROWANIE JAKOŚCIĄ (SPC)

- ✓ SPC (ang. *Statistical Process Control*) - sterowanie procesem produkcyjnym tak, aby zminimalizować liczbę produktów niezgodnych.
- ✓ Głównym narzędziem wykorzystywanym w SPC są **karty kontrolne Shewharta**, które służą do monitorowania przebiegu procesu w czasie jego trwania.
- ✓ Karty kontrolne umożliwiają, używając **obiektywnych kryteriów**, odróżnienie naturalnej zmienności parametrów procesu od **niełosowych zdarzeń** przy użyciu metod statystycznych.

METODY STATYSTYCZNE W PROD

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

STATYSTYCZNE STEROWANIE JAKOŚCIĄ (SPC)

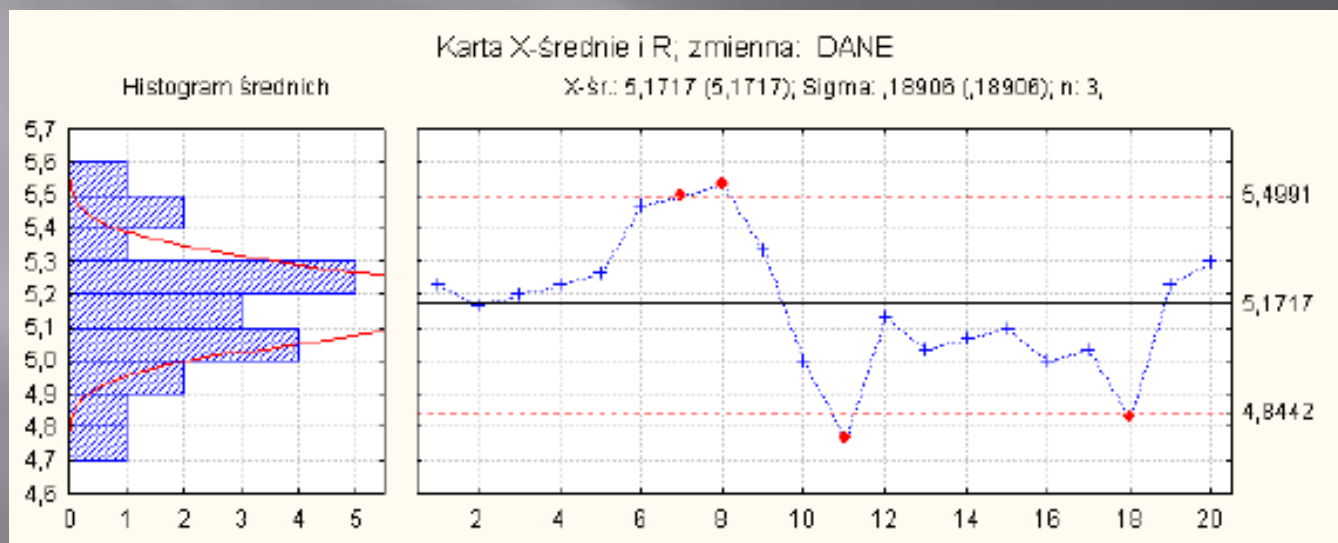


www.statsoft.pl

dr Marian Krupa

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

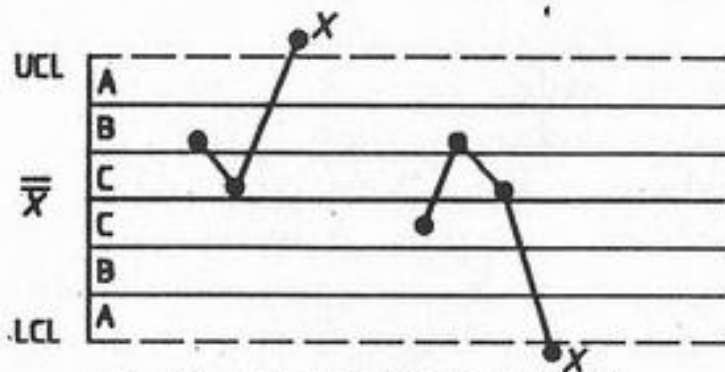
SPC (Statistical Process Control)/
karty kontrolne Shewharta



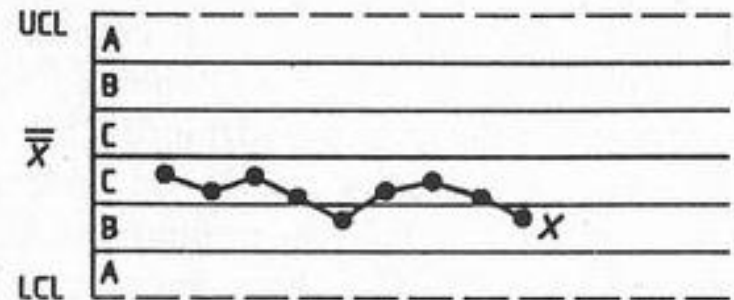
Rozstęp - różnica pomiędzy wartością maksymalną, a minimalną cechy - jest miarą charakteryzującą empiryczny obszar **zmienności** badanej cechy.

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Przykłady rozregulowania procesu (1/4)



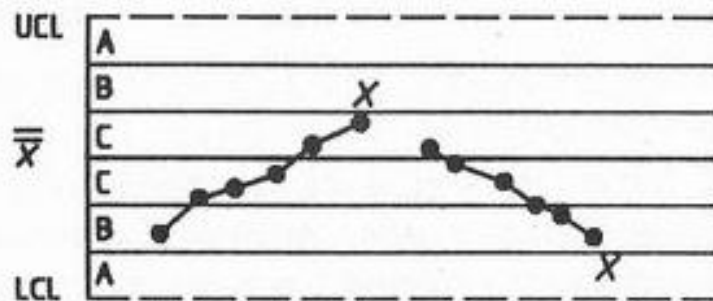
Test 1: Jeden punkt poza strefą A



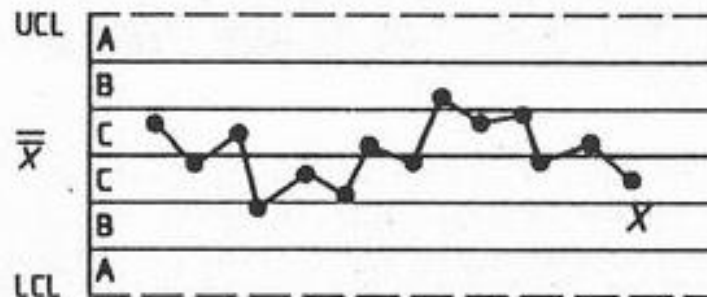
Test 2: Dziewięć kolejnych punktów w strefie C lub poza nią po tej samej stronie linii centralnej

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Przykłady rozregulowania procesu (2/4)



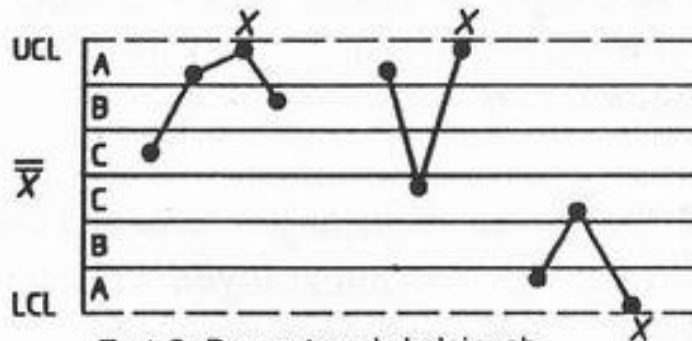
Test 3: Sześć kolejnych punktów stale rosnących lub malejących



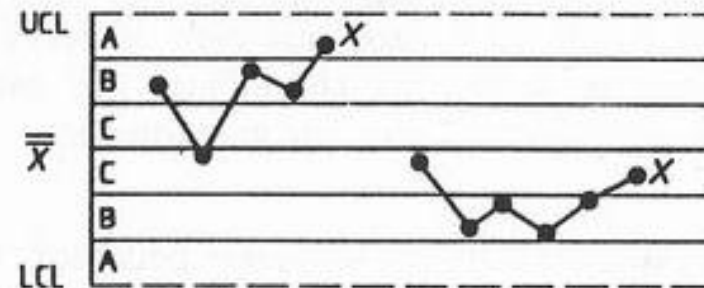
Test 4: Czternaście punktów po kolei przemiennie rosnących i malejących

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Przykłady rozregulowania procesu (3/4)



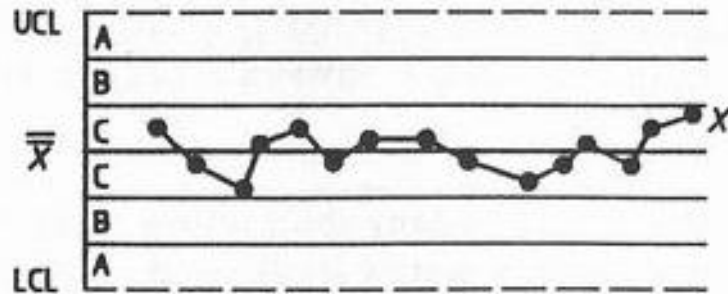
Test 5: Dwa z trzech kolejnych punktów w strefie A lub poza nią



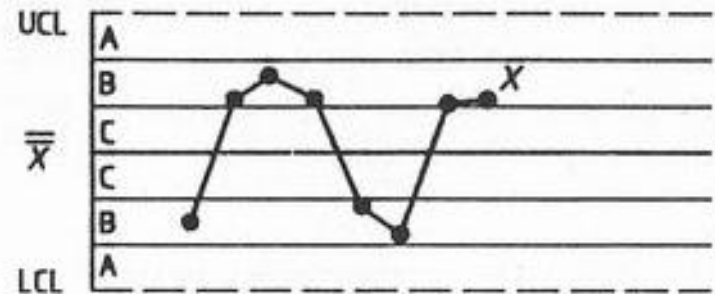
Test 6: Cztery z pięciu kolejnych punktów w strefie B lub poza nią

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Przykłady rozregulowania procesu (3/4)



Test 7: Piętnaście kolejnych punktów w strefie C powyżej lub poniżej linii centralnej



Test 8: Osiem kolejnych punktów po obu stronach linii centralnej lecz żaden w strefie C

Projekt



KARTY KONTROLNE Shewharta

METODY STATYSTYCZNE W PROD

Projekt



ZADANIE:

KARTA Shewharta Total Quality Management (TQM)

ZADANIE: Przy pomocy kart kontrolnych SHEWHARTA opracuj system kontroli jakości dla wybranej operacji X

METODOLOGIA:

1. Zdefiniuj cel i zakres badań kontrolnych
2. Wyznacz tzw. Linie centralną (LC)
3. Wyznacz (nominalnie) tzw. dwie linie ostrzegania (LO), a następnie w dalszej odległości dwie linie kontrolne (LK)
4. Opracuj szablon wykresu wg. przedstawionego wzoru
5. Oblicz / zweryfikuj dolną (DLK) i górną (GLK) granicę kontroli - patrz odpowiednia formuła (Odchylenie standardowe)
6. Przedstaw wyniki pomiarów przy pomocy histogramu
7. Przeprowadź analizę wyników i wskaż na działania korygujące

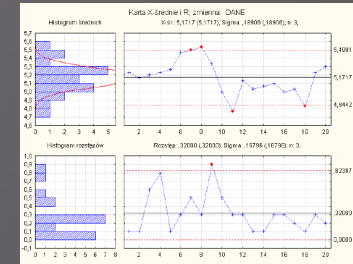
DANE / wyniki przeprowadzonych pomiarów:

Dane pilotaż:

3,45; 3,44; 3,45; 3,47; 3,42; 3,48; 3,45; 3,40; 3,42; 3,44; 3,45; 3,46; 3,47; 3,44; 3,42

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

☐ Metodyka



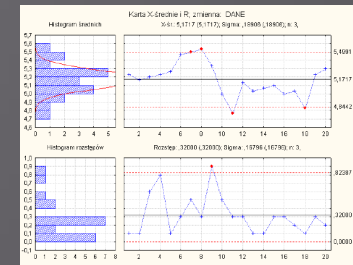
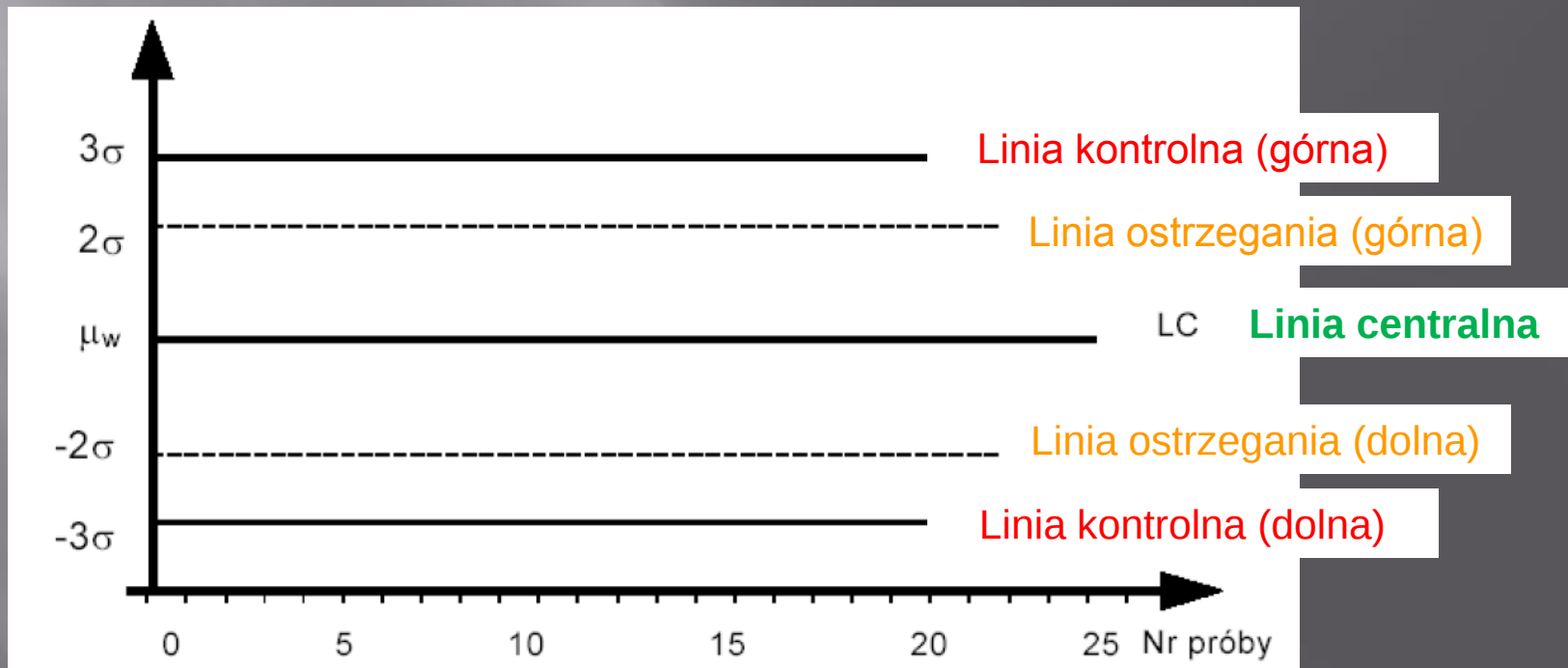
1. Zdefiniuj cel i zakres badań kontrolnych.
2. Wyznacz tzw. **Linie centralna (LC)** która odpowiada :
 - 1) wartości oczekiwanej procesu poddawanego kontroli (jej estymatorem może być wartość nominalna, znana wartość dla certyfikowanego materiału odniesienia (*z zadanymi wartościami normatywnymi*),
 - 2) wartość uznana za reprezentatywną (j.w. / benchmarking) lub
 - 3) średnia z próby pilotażowej (*bez zadanych wartości*).
3. Wyznacz wstępnie (nominalnie) tzw. dwie **linie ostrzegania (LO)** / 2 Sigmy, a następnie w dalszej odległości dwie **linie kontrolne (LK)** / 3 Sigmy.

dr Marian Krupa

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

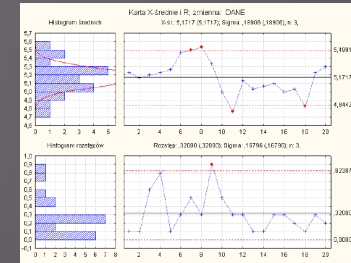
Metodyka

4. Opracuj szablon wykresu wg. przedstawionego poniżej wzoru:



TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Metodyka



5. Oblicz / zweryfikuj dolną (**DLK**) i górną (**GLK**) granicę kontroli:

$$GLK = m + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad LC = m \quad DLK = m - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

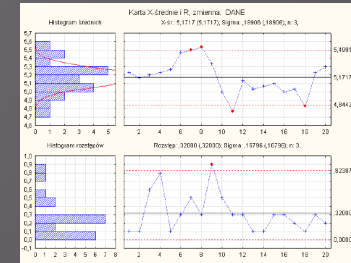
Gdzie: **m** – wartość średnia / nominalna / oczekiwana

n – ilość wykonanych pomiarów / próbek

σ – jedno odchylenie standardowe

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

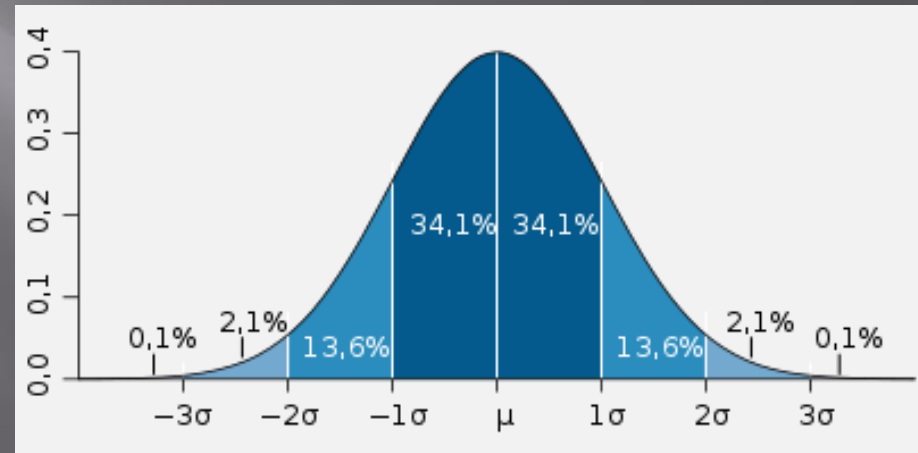
Metodyka



6. A) Oblicz wartość dla jednej Sigmy oraz wartość 3 Sigma:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Gdzie: N – Wielkość próby
 μ / m – wartość średnia dla próby
 X_i – wartość pojedynczego pomiaru

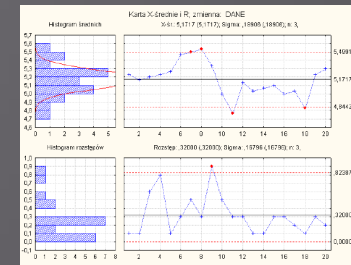
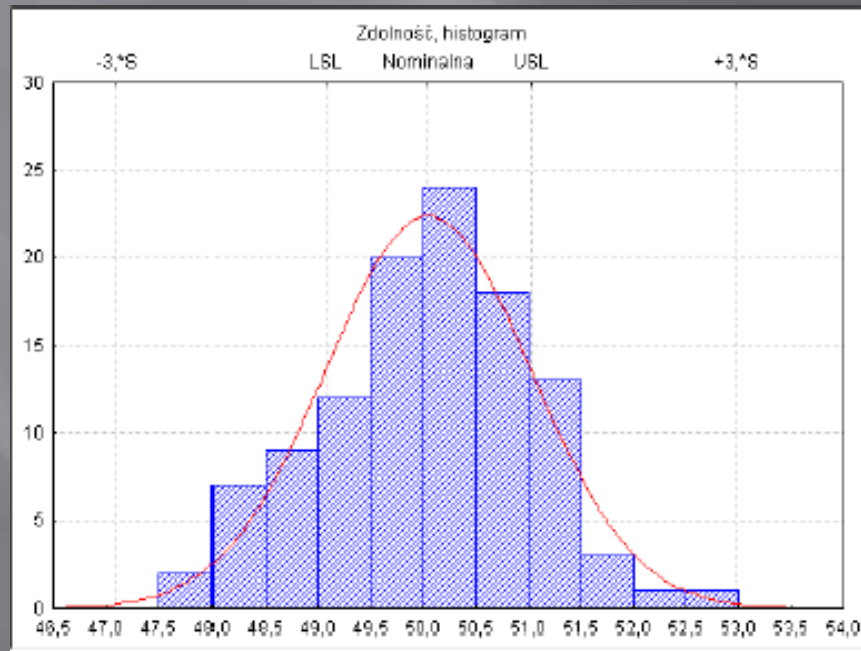


- 68% wartości cechy leży w odległości $\leq \sigma$ od wartości oczekiwanej;
- 95,5% wartości cechy leży w odległości $\leq 2\sigma$ od wartości oczekiwanej;
- 99,7% wartości cechy leży w odległości $\leq 3\sigma$ od wartości oczekiwanej.

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Metodyka

7. Przedstaw wyniki pomiarów przy pomocy histogramu:

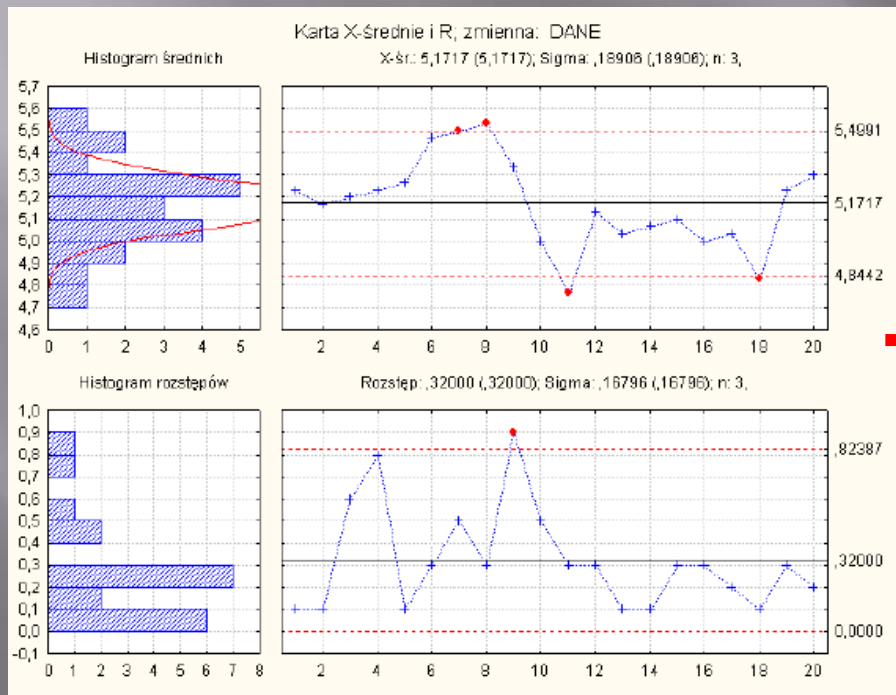
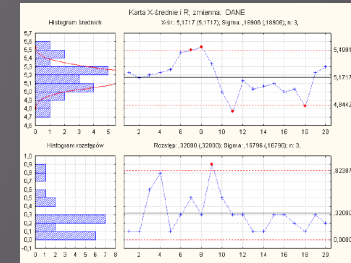


METODY STATYSTYCZNE W PROD

TQM / KARTY KONTROLNE Shewharta

Metodyka

8. Przeprowadź analizę wyników i wskaż na działania korygujące:

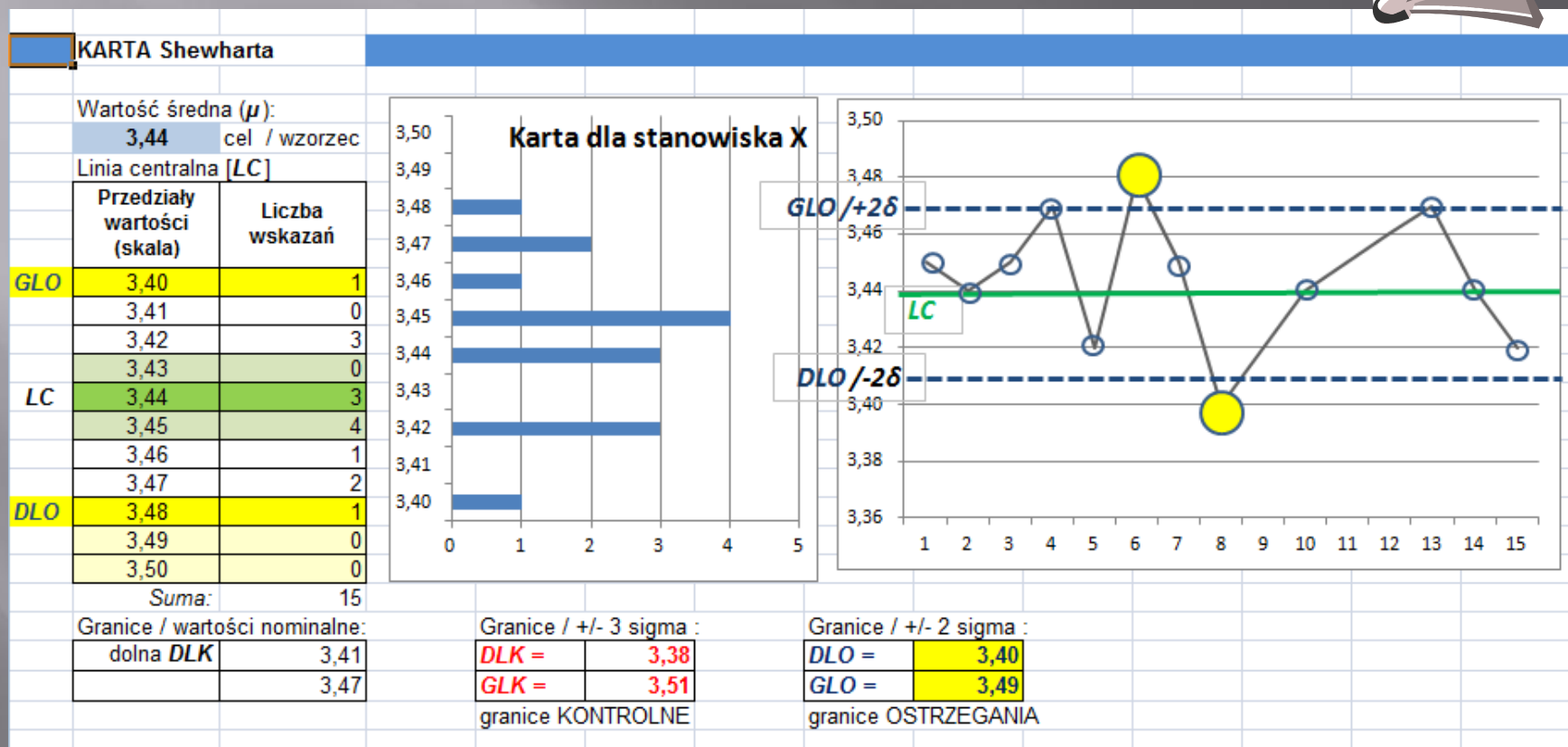


METODY STATYSTYCZNE W PROD

ROZWIĄZANIE:

METODY STATYSTYCZNE W PROD

Projekt 2



2. SIX SIGMA



SIX SIGMA

- W teorii zarządzania jakością często przyjmuje się założenie o poziomie „zero błędów” (Crosby).
- W praktyce jednak powyższa dyrektywa jest interpretowana poprzez zastosowanie koncepcji **Sześciu Sigmach**.

SIX SIGMA

- **CEL:** Metoda (technika) zarządzania jakością, której celem jest osiągnięcie najwyższego poziomu jakości definiowanym jako "**sześć sigma**„.
- W statystyce **sigma** (σ) oznacza jedno odchylenie standardowe zmiennej od wartości średniej arytmetycznej.
- **Sześć sigma** oznacza odległość sześciu odchyleń standardowych między linią centralną procesu (wartość oczekiwana / norma) a najbliższą granicą specyfikacji (zakres tolerancji).

SIX SIGMA

- Dla wybranej populacji ODCHYLENIE jest **średnią kwadratową z różnic między wartościami zmiennej a ich średnią arytmetyczną μ** .
- **Odchylenie standardowe S (1 sigma) można obliczyć ze wzoru:**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

gdzie x_i to kolejne wartości cechy w populacji, μ to wartość oczekiwana (średnia arytmetyczna), N to liczba obserwacji w populacji.

SIX SIGMA

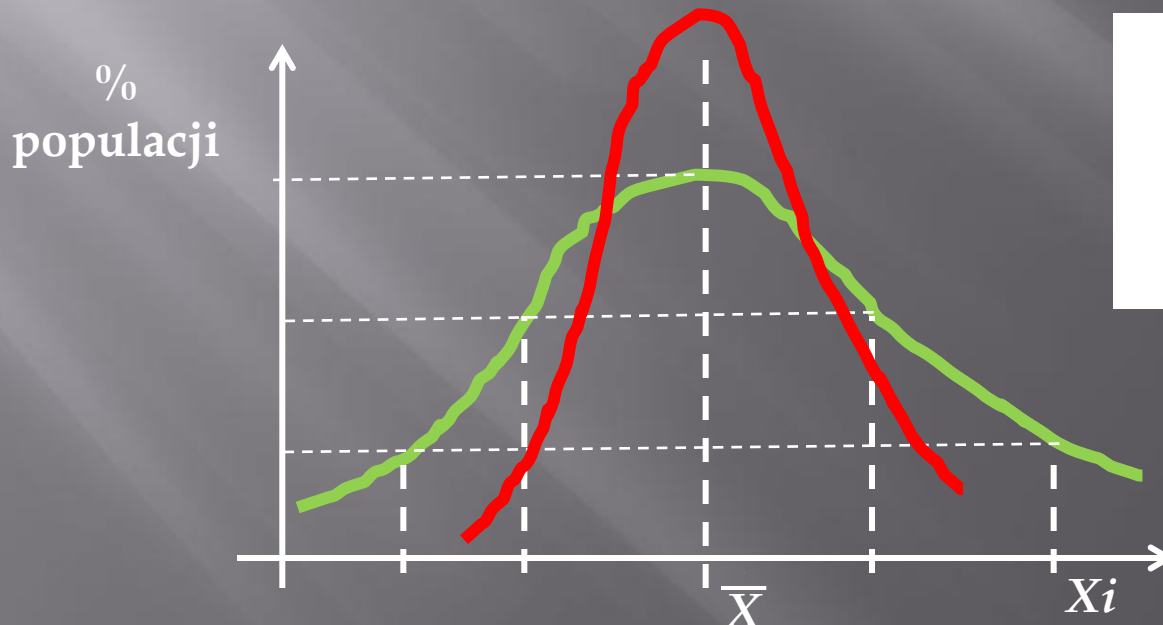
■ Założenie w ramach metody 6 Sigma:

1. Średnia arytmetyczna ($\bar{X}$) jest estymatorem wartości oczekiwanej (μ),
2. a odchylenie standardowe (S) jest estymatorem parametru sigma (σ).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

SIX SIGMA

- W praktyce często zakłada się, że dane mają rozkład normalny zwany też **rozkładem Gaussa**.
- **Wykres** funkcji prawdopodobieństwa tego rozkładu jest **krzywą dzwonową**.

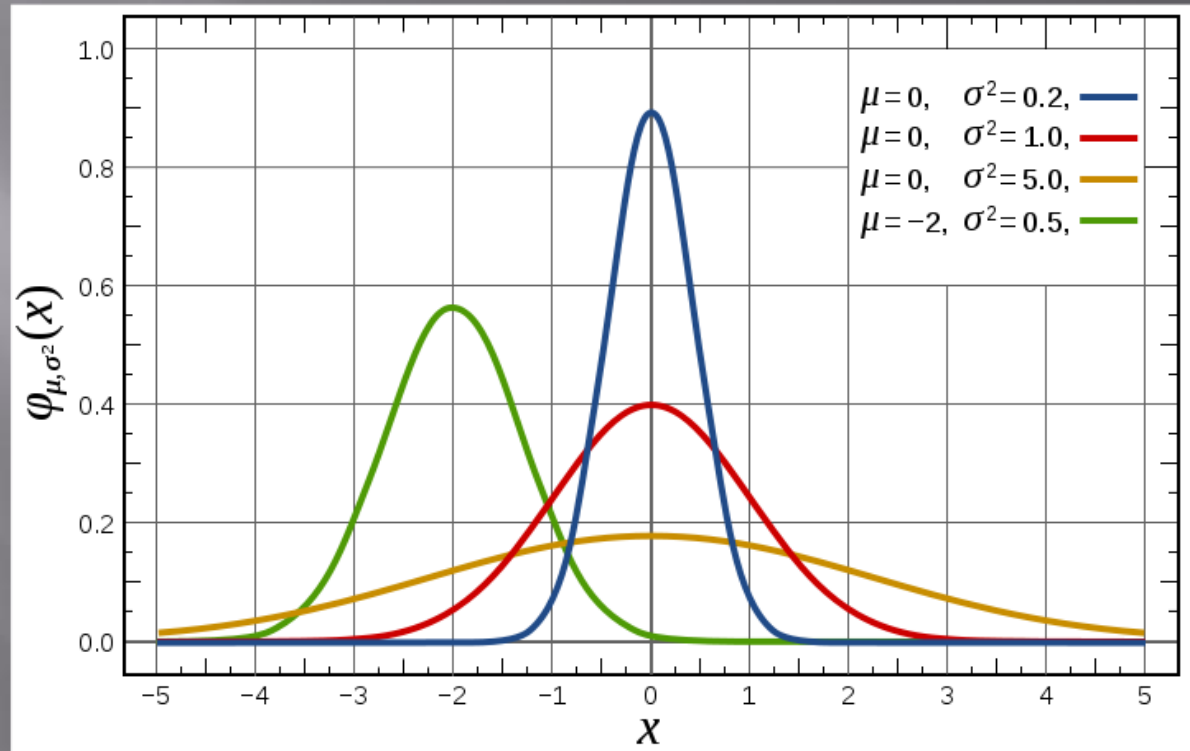


$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

METODY STATYSTYCZNE W PROD

SIX SIGMA

6 σ

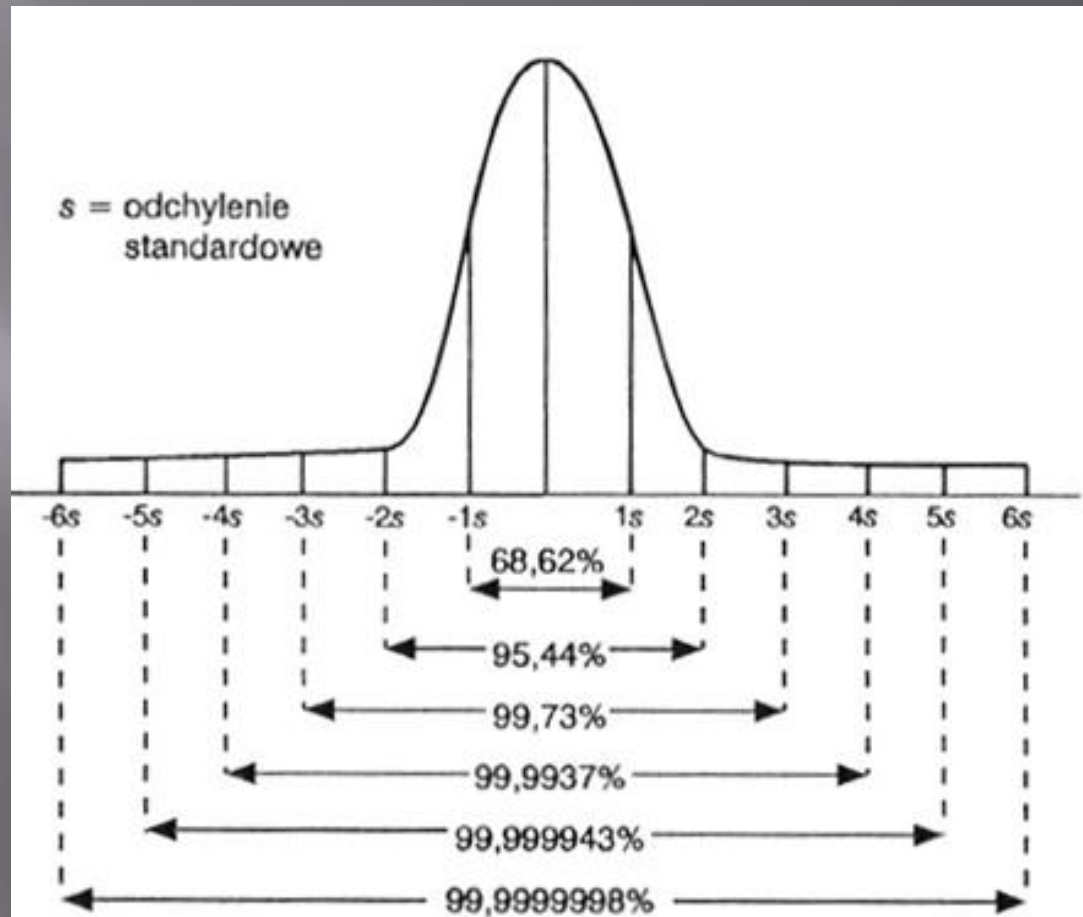


- Czerwona, żółta i niebieska krzywa odpowiadają tej samej wartości oczekiwanej (średniej), lecz różnym odchyleniom standardowym w populacji. Niebieska odpowiada najmniejszemu, a żółta największemu odchyleniu standardowemu.
- Im wyższe odchylenie standardowe, tj. sigma (σ), tym mniej obserwacji skupia się wokół średniej a tym więcej jest ich daleko od niej.

METODY STATYSTYCZNE W PROD

SIX SIGMA

- Definicja odchylenia standardowego przy założeniu rozkładu normalnego



$$\text{Sigma} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} ;$$

Sigma = odchylenie standardowe,

Σ = suma,

X = wyniki pomiarów jednostkowych,

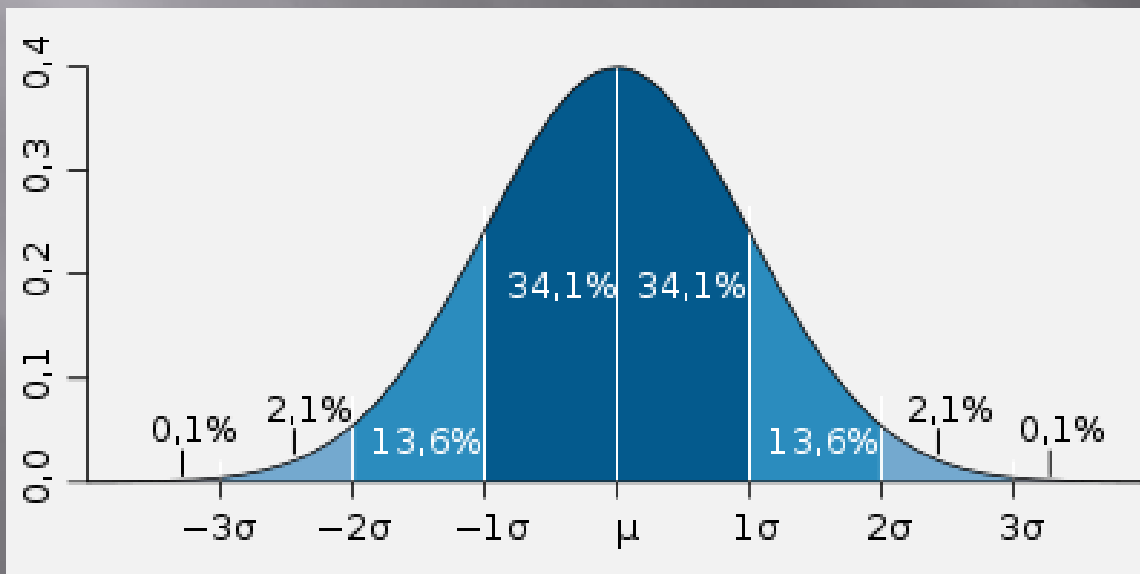
$\bar{X}$ = wartość średnia,

n = liczba pomiarów.

SIX SIGMA

■ Reguła TRZECH SIGM

- 68% wartości cechy leży w odległości $\leq \sigma$ od wartości oczekiwanej;
- 95,5% wartości cechy leży w odległości $\leq 2\sigma$ od wartości oczekiwanej;
- 99,7% wartości cechy leży w odległości $\leq 3\sigma$ od wartości oczekiwanej.



SIX SIGMA

- **Sześć sigma** oznacza odległość sześciu odchyleń standardowych między linią centralną procesu a najbliższą granicą specyfikacji.
- Celem metody jest zmniejszenie średniej liczby defektów do **3,4** (trzech i czterech dziesiątych) defektu na milion okaPRODi! / (3,4 DPMO) – UWAGA: uwzględnia przesunięcie $\pm 1,5 \sigma$ (sigma).
- **Dlaczego 6 SIGMA?** Zgodnie z wykresem rozkładu normalnego, który jest symetryczny, tylko 2 miliardowe wykresu wychodzą poza zakres (średnia - 6 sigma, średnia + 6 sigma = 12 Sigma!), co oznacza, że na miliard przypadków dwa są poza tym zakresem.
Przyjęto w praktyce, że DPMO dla $6\sigma = 3,4$!

SIX SIGMA

- Tabela:** Frakcje niezgodności, wskaźniki DPMO, DPTO oraz poziomy sigma

Frakcja niezgodności	DPMO	DPTO	Poziom sigma
0,0668000	66 800,0	66,8	3,0
0,0228000	22 800,0	22,8	3,5
0,0062100	6 210,0	6,2	4,0
0,0013500	1 350,0	1,4	4,5
0,0002330	233,0	poniżej 1	5,0
0,0000320	32,0	poniżej 1	5,5
0,0000034	3,4	poniżej 1	6,0

Sposób obliczenia frakcji niezgodności: liczbę wykrytych niezgodności (usterek) dzielimy przez liczbę sprawdzonych jednostek; np. 33 usterek / (450 pomiarów x 5 możliwych usterek)

DPMO (*Defects per Milion Opportunities*) – [33 usterek / (450 pomiarów x 5 możliwych usterek)] x 10⁶; **DPMO = 14 666,66 (pomiędzy 3,5 a 4 sigma)**

DPTO (*Defects per Tousand Opportunities*) – [33 usterek / (450 pomiarów x 5 możliwych usterek)] x 10³; **DPTO = 14,66 (pomiędzy 3,5 a 4 sigma)**

SIX SIGMA

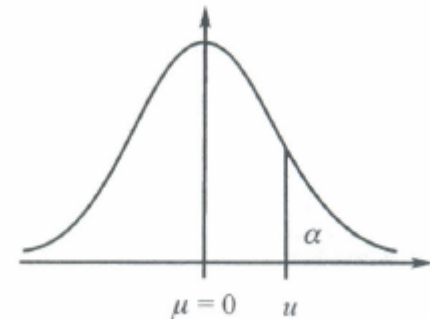
■ Sposób obliczenia poziomu Sigma:

1. Obliczamy frakcje niezgodności, tj. *liczba niezgodności / liczba pomiarów x liczba możliwych usterek.*
2. W tablicy rozkładu normalnego dla obliczonej frakcji niezgodności poszukujemy wartości μ
3. Do stałej wartości 1,5 dodajemy wartość μ uzyskaną z tablicy rozkładu normalnego.

Projekt

66

■ Tablica rozkładu normalnego



Tablica 1. Tablica rozkładu normalnego

Tablica podaje prawdopodobieństwo α , że standaryzowana normalna zmienna losowa przyjmie wartość większą od u .

u	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.4	.3446	.3408	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0216	.0211	.0206	.0201	.0197	.0192	.0187	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0165	.0161	.0157	.0153	.0150	.0146	.0142
2.2	.0139	.0135	.0132	.0128	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0101	.0099	.0096	.0093	.0091	.0088	.0086	.0084
2.4	.0082	.0079	.0077	.0075	.0073	.0071	.0069	.0067	.0065	.0063
2.5	.0062	.0060	.0058	.0057	.0055	.0053	.0052	.0050	.0049	.0048
2.6	.0046	.0045	.0044	.0042	.0041	.0040	.0039	.0037	.0036	.0035
2.7	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0028	.0027	.0026
2.8	.0025	.0024	.0024	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019	.0019
2.9	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014	.0013
3.0	.0013									

Instrukcja:

Dla wartości
frakcji
niezgodności
„0,0606”
otrzymujemy
wartość $u =$
 $1,5 + 0,05 = 1,55$.

Aby obliczyć
poziom Sigma
należy do 1,55
dodać jeszcze 1,5.
Razem = **3,05**.

Oznacza to
najniższy poziom
sigma na skali 3-6

Projekt

6σ



Wyznaczenie poziomu sigma na
przykładzie procesu produkcji zapalek



Projekt

6σ



■ **ZADANIE:**

W oparciu o uzyskane dane oraz metodykę Six Sigma wyznacz **poziom sigma** dla badanej firmy na przykładzie procesu produkcji zapalek.

▪ DANE: Wyniki kontroli jakościowej dla procesu – produkcja zapalek



Etap kontroli	Przedmiot kontroli	Liczba sprawdzonych jednostek	Liczba wykrytych niezgodności
Wycinanie sklejki (zgrubne)	<i>Dokładność wycięcia</i>	200 sklejek	5 sklejek
Nacinanie sklejki na wymiar	<i>Dokładność nacinania (długość + szerokość)</i>	200 sklejek	35 sklejek
Impregnacja sklejki	<i>Stopień nasycenia impregnatem MIN i MAX</i>	200 sklejek	15 sklejek
Nanoszenie substancji palnej	<i>Zakres pokrycie substancją</i>	200 sklejek	45 sklejek
Sztancowanie gotowych zapalek	<i>Parametry ogólne zapalki</i>	1000 zapalek	80 zapalek
Sortowanie zapalek	<i>Parametry metryczne zapalki wg kategorii (długość + średnica+substancja)</i>	1000 sklejek	10 zapalek
Pakowanie do małych pudełek	<i>Ilość zapalek w pudełku</i>	50 pudełek	8 pudełek
Pakowanie w paczki po 10 szt.	<i>Jakość opakowania (materiał, liczba sztuk, układanie)</i>	20 paczek	1 paczka
Pakowanie do pudełka - karton	<i>Ilość i jakość zapakowanych kartonów (materiał + ilość)</i>	10 kartonów	2 kartony
Etykietowanie kartonów	<i>Jakość i miejsce umieszczonych etykiet</i>	100 kartonów	3 kartony



■ METODYKA

1. Zdefiniuj cel i zakres kontroli (Jaki proces? Jakie etapy? Co będzie przedmiotem kontroli? Według jakich wymagań technologicznych, funkcjonalnych? Jakie skale oceny? itd.)
2. Opracowanie metody zbierania danych i ich raportowania – patrz tabela: Wyniki kontroli.
3. Opracowanie tabeli analitycznej – patrz wzór „Tabela. Zestawienie ocen w zakresie niezgodności”.
4. Wykonanie obliczeń dla: Frakcja niezgodności, DPMO, DPTO, Poziom Sigma (użyj tablicę rozkładu normalnego!). Oblicz wartość sigma dla całego procesu.
5. W kolumnie uwagi dokonaj oceny jakościowej. UWAGA: Zdefiniuj odpowiednią skalę!
6. Przedstaw wszystkie wyniki w wersji graficznej. UWAGA: Zwróć szczególną uwagę na aspekt komunikacyjny!
7. Wskaż na słabe punkty procesu i zaproponuj działania korygujące.

Projekt

6σ



- **ANALIZA:** Zestawienie ocen w zakresie niezgodności

Etap kontroli	Frakcja niezgodności	DPMO	DPTO	Poziom Sigma	Uwagi
Ocena średnia:					



- **DIAGNOZA:** 6 Sigma a ocena poziomu niezgodności
- **Ranking** – zestawienie wsk. sigma od wartości najmniejszej do największej.
- **Wartość średnia** dla badanej populacji: Strefa A – etapy kontroli o sigmie poniżej średniej; Strefa B – etapy kontroli o sigmie powyżej średniej.
- **Poziomy sigma:** strefa A: wartości poniżej 3 sigma; strefa B wartości równe lub powyżej 3 sigma i mniejsze od 4 sigma. Strefa C: wartości równe lub większe od 4 sigma.
- **Metoda ABC:** wyznaczamy strefy ABC zgodnie z metodyką wypracowaną przez zasadę Pareto / 20/80.



■ **DOSKONALENIE / Wnioski i zalecenia:**

RAPORT JAKOŚCIOWY

- 1.
- 2.
- 3.
- ...

3. ANALIZA PARETO-LORENCA / METODA ABC /XYZ

Metoda ABC – zasada 20/80

Genezę metody ABC możemy odnaleźć w badaniach statystycznych prowadzonych przez Vilfredo Pareto (1848-1923), które dotyczyły zagadnienia osób posiadających dochody równe lub wyższe od przyjętych w szeregu wielkości.

V. Pareto w oparciu o przeprowadzone badania przedstawił tezę, która wskazywała na następującą zależność:

**20% populacji danego kraju
dysponuje 80% jego dochodów.**

Metoda ABC – zasada 20/80

- 20%** produktów firmy daje jej **80%** zysków
- 20%** klientów przynosi **80%** wartości sprzedaży
- 20%** kryminalistów popełnia **80%** przestępstw
- 20%** kierowców powoduje **80%** wypadków
- 20%** powierzchni dywanu przypada na **80%** jego zużycia
- 20%** ubrań nosimy przez **80%** czasu
- 20%** naszej pracy daje **80%** efektów
- 20%** naszego życia daje nam **80%** szczęścia

Strefa A

Strefa B

Strefa C

Metoda ABC – zasada 20/80

20% wyrobów danej produkcji przedsiębiorstwa
tworzy 80% ogólnej jej wartości

20% maszyn i urządzeń
stanowi 80% wartości majątku trwałego

20% operacji produkcyjnych
warunkuje 80% kosztów wytwarzania

w urzędzie administracji państwowej 20% formularzy
stanowi 80% łącznego zużycia druków

ZASADA 20/80 – zalecenia praktyczne

- ✓ Szukać dróg na skróty, zamiast przebiegać całą trasę.
- ✓ Możliwie najmniejszym wysiłkiem sprawować kontrolę nad całością.
- ✓ Zabiegać o doskonałość w nielicznych obszarach, zamiast o dobre wyniki w wielu.
- ✓ W codziennym życiu zlecać innym jak najwięcej zadań (koncentruj się na zagadnieniach priorytetowych!).
- ✓ Robić wyłącznie to, co robimy najlepiej i co sprawia nam największą radość, satysfakcję.
- ✓ Pracować mniej i nie podejmować próby wykorzystania każdej pojawiającej się szansy.

**W odniesieniu do każdej ważnej sfery życia ustalać,
które 20 procent wysiłków może doprowadzić do 80 procent efektów.**

Metoda ABC – zasada 20/80

Strefa A

Strefa B

Strefa C

Zasadę 20/80 możemy zastosować w analizie struktury danej zbiorowości poprzez podział na **3 strefy strategiczne**

Strefa A	20%	80%
Strefa B	30%	10%
Strefa C	50%	10%

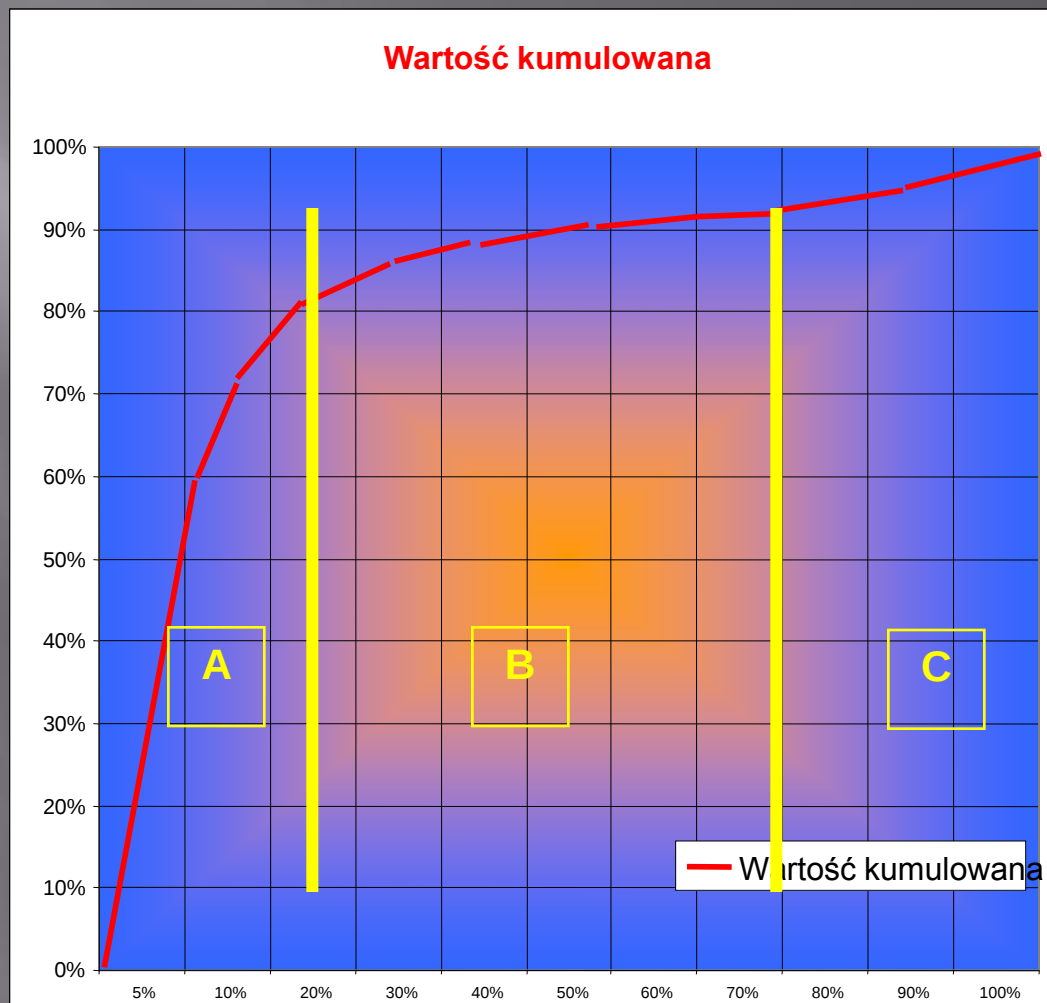
Metoda ABC – zasada 20/80

Strefa A

Strefa B

Strefa C

Analizując rozkład wartości skumulowanych zauważono zależność określaną **prawem 20-80**, zaś ich wykres przyjął postać **krzywej Pareto**.



Metoda ABC – zasada 20/80

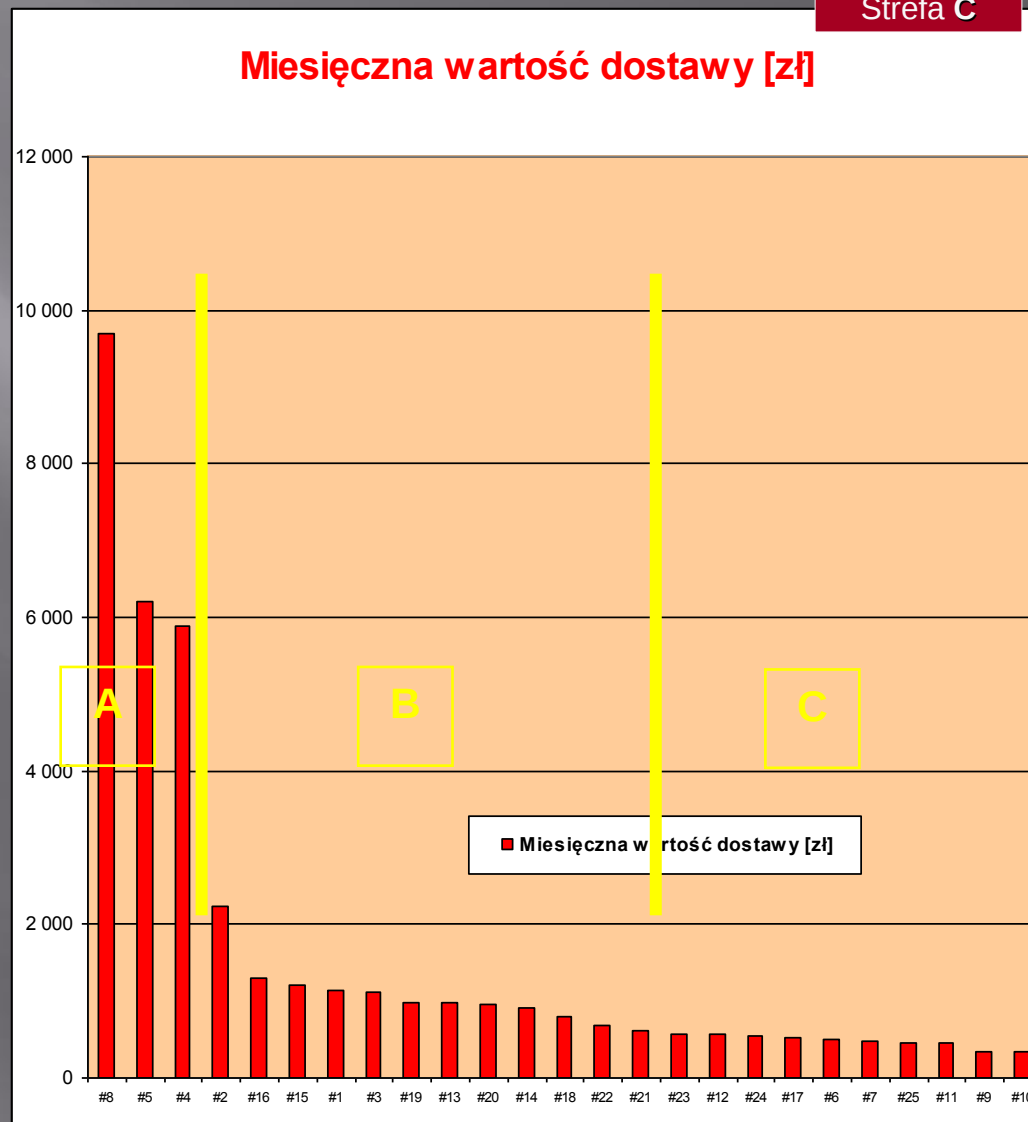
Strefa A

Strefa B

Strefa C

Analiza Pareto-Lorenca

Analizując rozkład wartości nominalnych wykres przyjmuje postać wykresu słupkowego



Metoda ABC – zasada 20/80

Strefa A

Strefa B

Strefa C

Znaczenie jakościowe

poszczególnych stref możemy zinterpretować następująco:

Strefa A	Obszar o najbardziej kluczowym znaczeniu. Obejmuje on +/- 20% podmiotów całej zbiorowości, aczkolwiek generuje +/- 80% wszystkich efektów. Maksymalizuj swoje wysiłki mające na celu redukcję usterek dla operacji ze strefy A!
Strefa B	Obszar o umiarkowanym znaczeniu jakościowym. Zmiana w zakresie zapewnienia jakości dla strefy B nie generuje istotnych zmian w strukturze i wartości całej zbiorowości.
Strefa C	Obszar o znikomym znaczeniu jakościowym. Minimalizuj swoje wysiłki mające na celu redukcję usterek dla operacji ze strefy C!

Projekt



Doskonalenie systemu zapewnienia jakości w procesach produkcyjnych przy pomocy metody ABC

Strefa A

Strefa B

Strefa C

Metoda ABC



Zadanie:

1. Kierownik ds. jakości w przedsiębiorstwie Sigma poszukuje sposobu lepszego (?) zapewnienia jakości wytwarzanych wyrobów.
2. Przy pomocy metody ABC dokonaj analizy występujących usterek. Wyznacz strefy A, B i C uwzględniając taki kluczowy parametr jak: „Ilość usterek na 10 000 operacji”.
3. W oparciu o przeprowadzoną analizę przygotuj odpowiednią strategię zmian dla działu produkcyjnego w celu poprawy poziomu zapewnienia jakości.

Metoda ABC

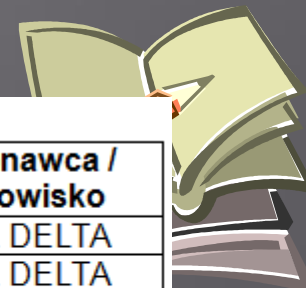
Metodyka:



1. Wykonujemy pomiar / zbieramy dane nt. ilości usterek na 10 000 operacji.
2. Przy pomocy tabeli porządkujemy operacje od wartości największej do najmniejszej (ilość usterek na 10 000 operacji).
3. Obliczamy wartość kumulowaną ilość operacji na 10 000.
4. Dla wartości kumulowanej obliczamy jej udział proc. względem wartości całkowitej.
5. Obliczanie kumulowanego proc. udziału operacji.
6. Zestawiamy w jednej tabeli kumulowany proc. udział liczby operacji na 10 000 i kumulowany proc. udział operacji.
7. Dokonujemy podziały wartości dla całej zbiorowości według ogólnej zasady 20/80 – Strefa A; 10/50 Strefa B i 10/30 Strefa C. Zestawienie przedstawiamy w tabeli.
8. Przedstawiamy uzyskane wyniki za pomocą wykresu słupkowego jak i krzywej Pareto.
9. Opracuj raport jakościowy w oparciu o przeprowadzoną analizę – przedstaw wnioski.

Metoda ABC/XYZ

Dane:



+ Tabela. Ilość usterek na 10 000 operacji / średni koszt naprawy 1 usterki

Lp.	Nazwa operacji	Ilość usterek na 10 000 operacji	Średni koszt naprawy 1 usterki	Wykonawca / Stanowisko
1	Operacja #1	124	12	Firma DELTA
2	Operacja #2	35	16	Firma DELTA
3	Operacja #3	532	247	Firma DELTA
4	Operacja #4	12	2	Firma DELTA
5	Operacja #5	34	5	Firma zew. Alfa
6	Operacja #6	67	8	Firma DELTA
7	Operacja #7	442	4	Firma zew. Beta
8	Operacja #8	12	130	Firma DELTA
9	Operacja #9	22	28	Firma DELTA
10	Operacja #10	4	15	Firma DELTA
11	Operacja #11	7	67	Firma DELTA
12	Operacja #12	9	14	Firma DELTA
13	Operacja #13	44	25	Firma DELTA
14	Operacja #14	87	11	Firma DELTA
15	Operacja #15	56	13	Firma DELTA
16	Operacja #16	223	9	Firma DELTA
17	Operacja #17	365	7	Firma DELTA
18	Operacja #18	55	14	Firma DELTA
19	Operacja #19	13	6	Firma DELTA
20	Operacja #20	19	15	Firma zew. Alfa
21	Operacja #21	87	55	Firma DELTA
22	Operacja #22	69	85	Firma DELTA
23	Operacja #23	102	2	Firma DELTA
24	Operacja #24	134	7	Firma DELTA
25	Operacja #25	35	4	Firma DELTA
26	Operacja #26	178	9	Firma DELTA
27	Operacja #27	46	14	Firma DELTA
28	Operacja #28	99	42	Firma zew. Alfa
29	Operacja #29	17	98	Firma DELTA
30	Operacja #30	4	3	Firma zew. Beta

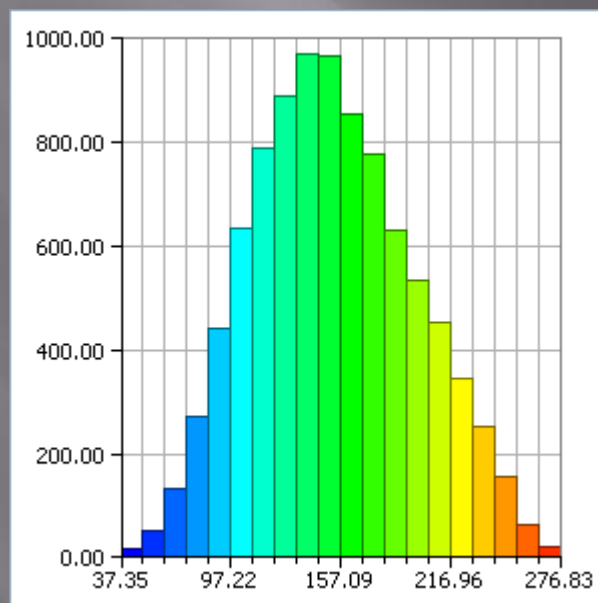
Metoda ABC

Tabela:



LP	Nazwa operacji	Kumulowany udział operacji [%] (oś X)	Ilość usterek na 10 000 operacji	Wartość kumulowana usterek [ilość]	Kumulowany udział usterek [%] (oś Y)	Strefa <u>A,B,C</u>
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

4. HISTOGRAM I SZEREG ROZDZIELCZY



dr Marian Krupa

HISTOGRAM I SZEREG ROZDZIELCZY

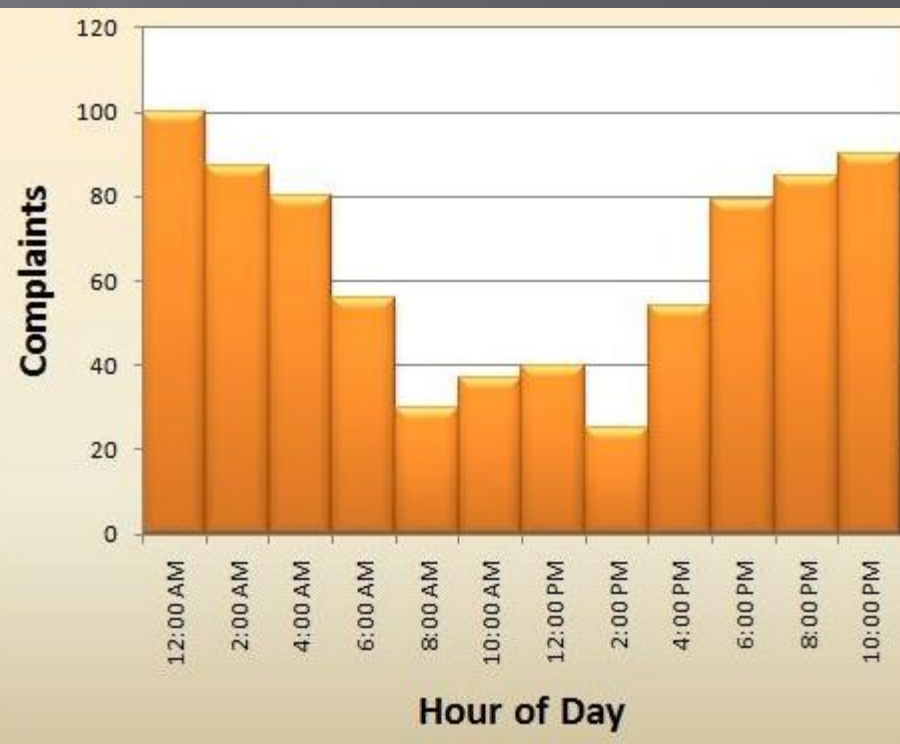
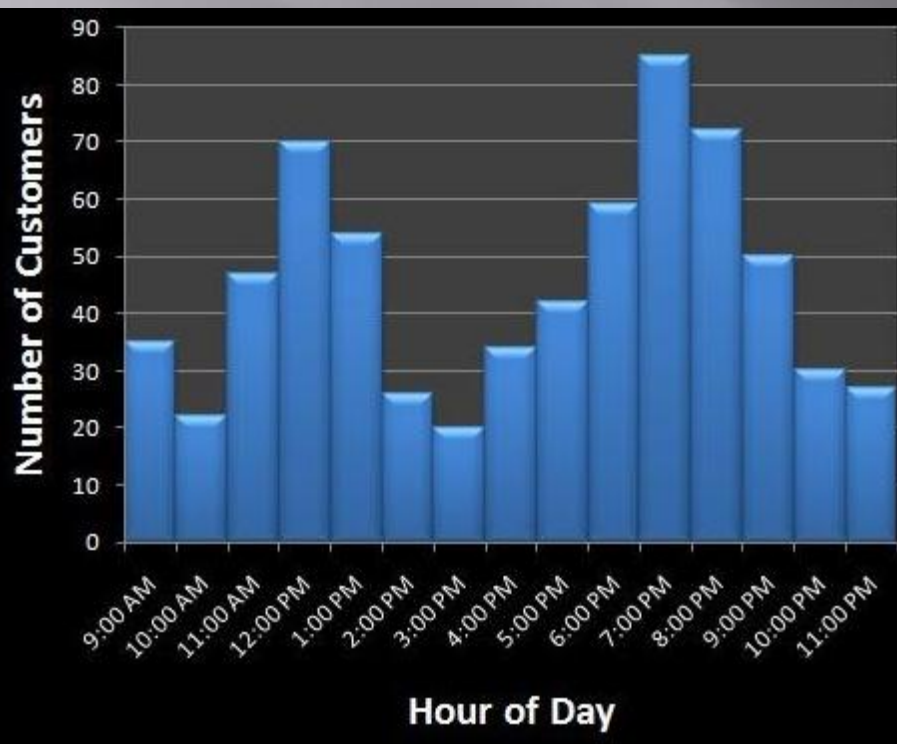
Wprowadzenie terminologiczne:

- ✓ **Przedziały klasowe** – przedstawienie danych pomiarowych pogrupowanych w podzbiorach.
- ✓ Przedziały klasowe ich liczebności tworzą tzw. „**szereg rozdzielczy**”.
- ✓ Praktycznie przyjmuje się liczbę przedziałów **$k = 5-15$** – im więcej danych, tym liczba przedziałów powinna być większa.
- ✓ **HISTOGRAM** – szereg rozdzielczy przedstawiony w formie graficznej.

METODY STATYSTYCZNE W PROD

HISTOGRAM I SZEREG ROZDZIELCZY

Histogramy – przykład: liczba klientów / skargi / godziny dnia



PROJEKT



*Firma XYZ dostarcza pręty tytanowe stosowane w medycynie.
Średnica prętu powinna wynosić **2,06 – 2,11**mm.*

ZADANIE:

- 1. Wyznacz podstawowe statystyki próbki (średnią, medianę, dominantę, rozstęp, odchylenie standardowe)*
- 2. Sporządź szereg rozdzielczy oraz jego graficzną prezentację w formie histogramu.*
- 3. Przedstaw wnioski i rekomendacje*

METODY STATYSTYCZNE W PROD

PROJEKT

DANE – wyniki pomiaru próbki (50 prętów)
pobranej losowo:



2,02	2,04	2,09	2,04	2,09	2,02	2,04	2,05	2,02	2,04
2,06	2,03	2,06	2,15	2,07	2,07	2,04	2,07	2,04	2,03
2,03	2,04	2,04	2,08	2,05	2,05	2,11	2,06	2,03	2,05
2,05	2,06	2,04	2,02	2,08	2,02	2,01	2,02	2,09	2,09
2,07	2,07	2,03	2,06	2,07	2,13	2,02	2,10	2,10	2,00

dr Marian Krupa

PROJEKT



Szerokość przedziału dla szeregu rozdzielczego możemy obliczyć następująco:

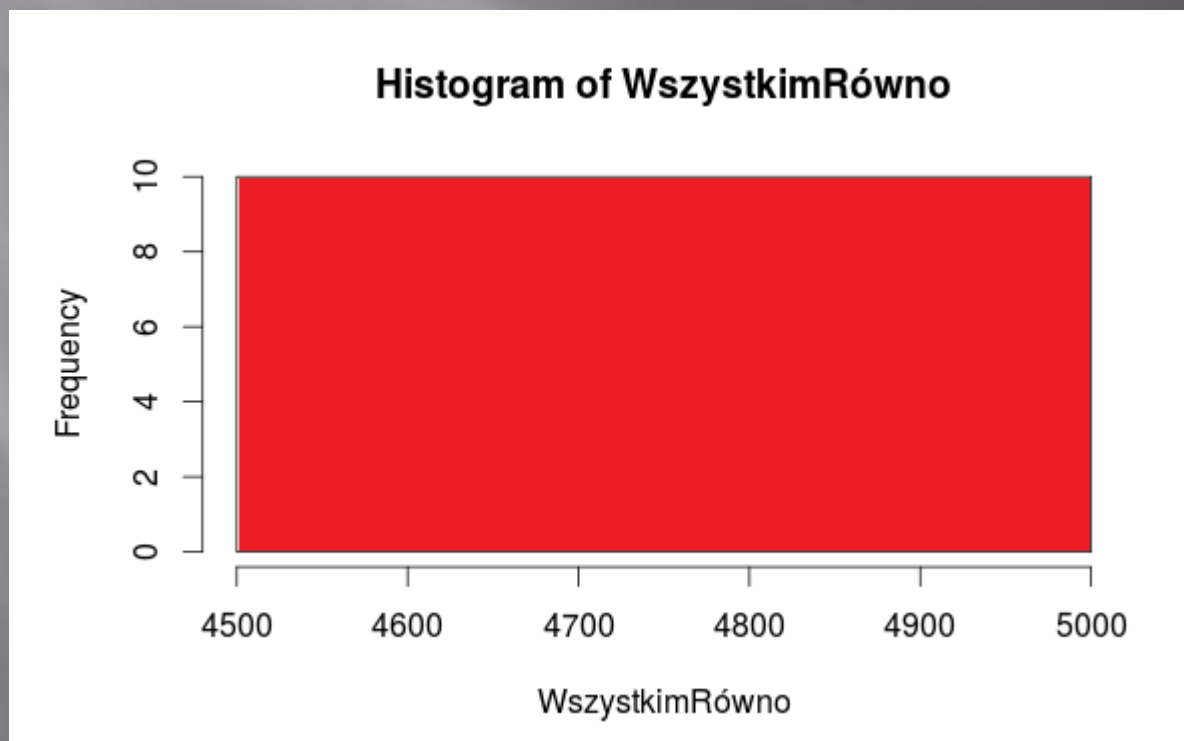
- 1) Oblicz obszar zmienności danych (rozstęp), tj. wartość maksymalna – wartość minimalna;
- 2) Następnie należy subiektywnie przyjąć liczbę przedziałów;
- 3) Szerokość przedziału $d = \text{rozstęp} / \text{liczba przedziałów}$

Przedział	Środek przedziału	Liczebność
2,000 – 2,010	2,005	3
2,020 – 2,030	2,025	4
...	...	...

METODY STATYSTYCZNE W PROD

PROJEKT

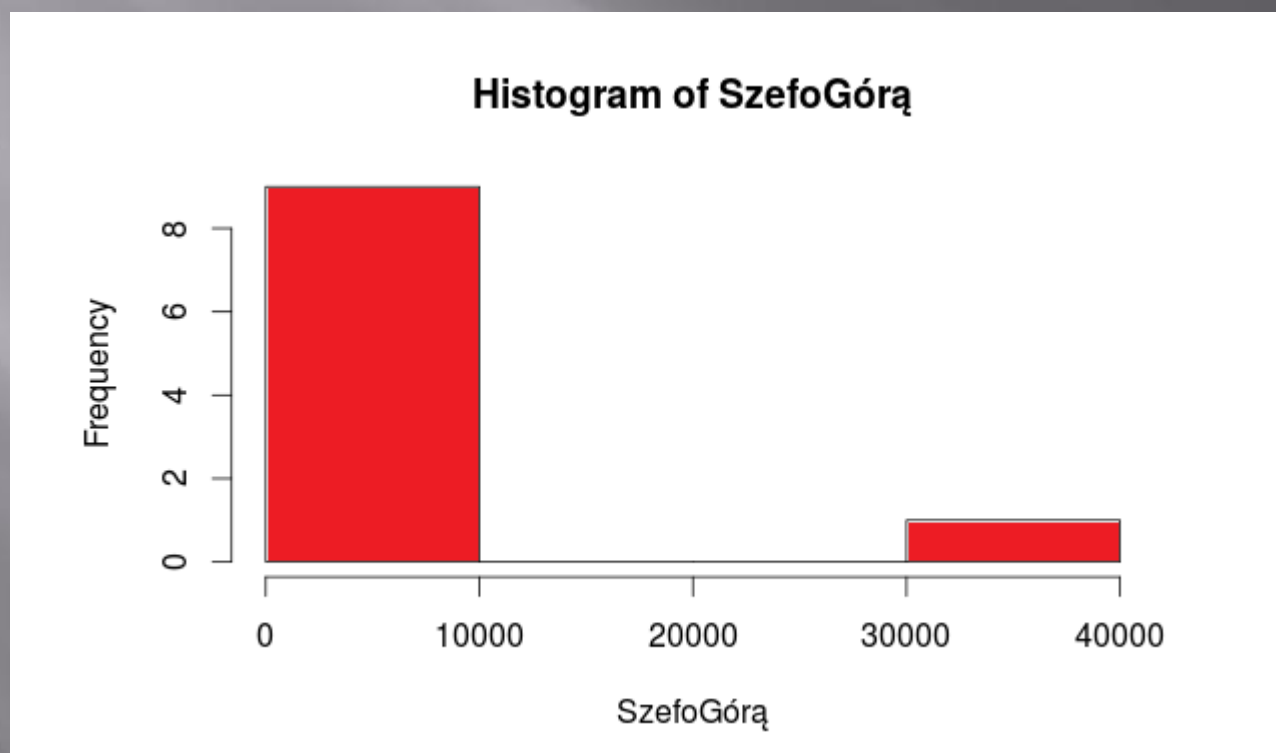
Interpretacja charakterystycznych histogramów:



METODY STATYSTYCZNE W PROD

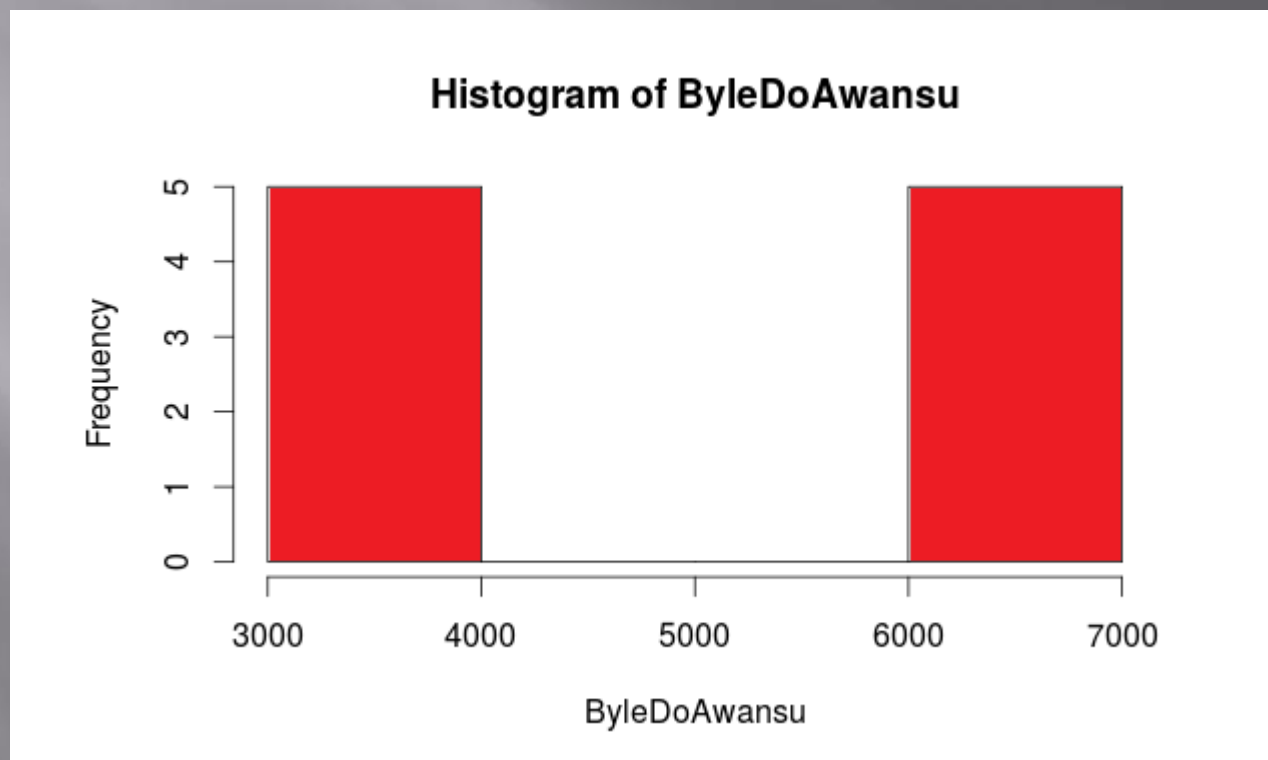
PROJEKT

Interpretacja charakterystycznych histogramów:



PROJEKT

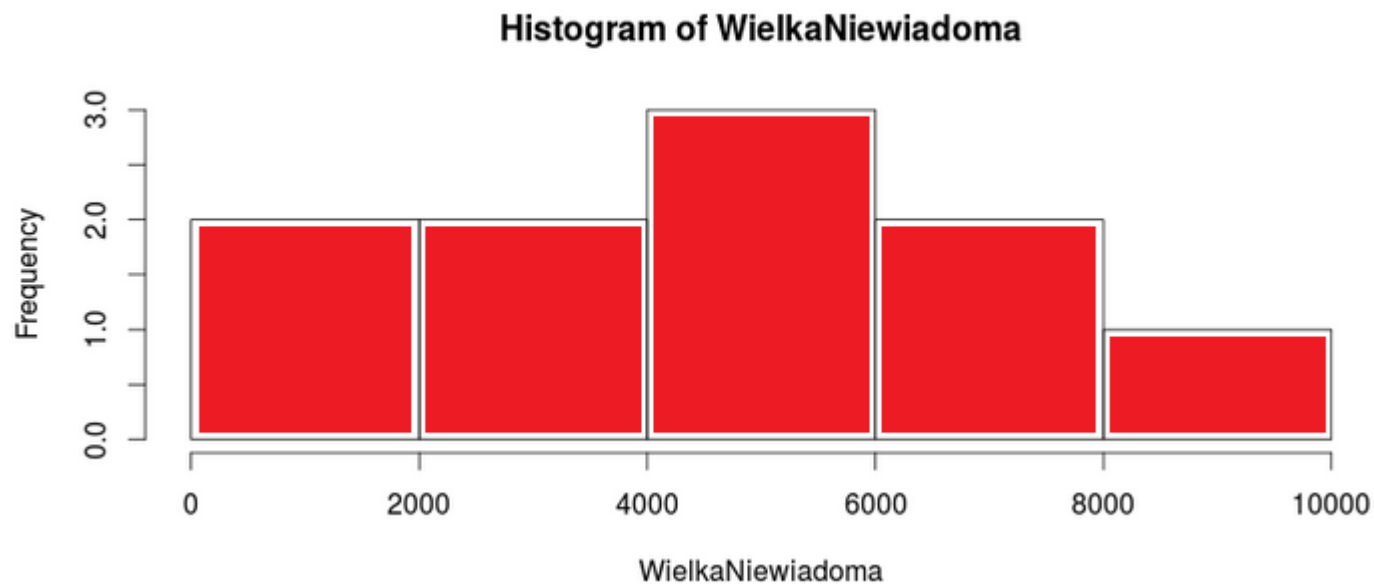
Interpretacja charakterystycznych histogramów:



METODY STATYSTYCZNE W PROD

PROJEKT

Interpretacja charakterystycznych histogramów:

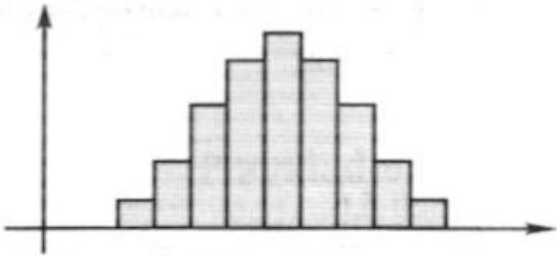
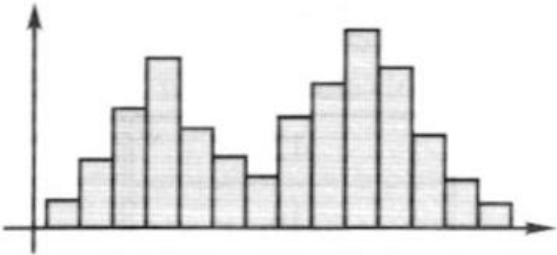


METODY STATYSTYCZNE W PROD

PROJEKT



Interpretacja charakterystycznych histogramów 1/3:

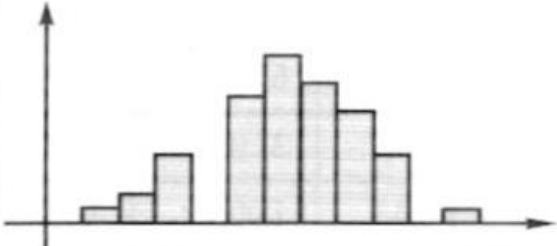
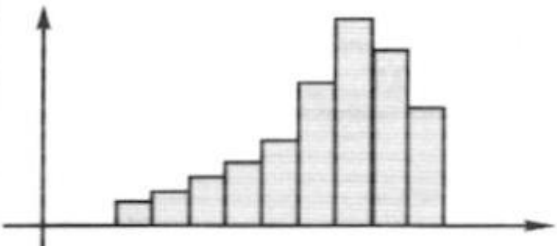
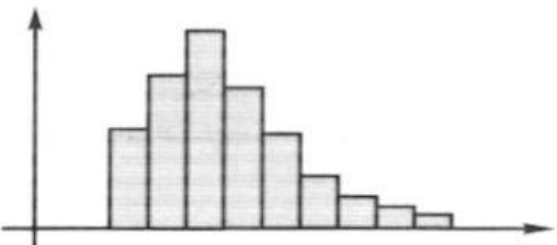
Kształt histogramu	Nazwa i interpretacja
	normalny: wykazuje go wiele mierzonych wielkości; rozkład ten jest uważany za występujący najczęściej, dlatego jeśli dane układają się inaczej, to często jest stawiane pytanie „dlaczego”
	dwu- lub wielomodalny: dane pochodzą z dwóch lub więcej populacji (partii wyrobów) obrabianych na dwóch różnych obrabiarkach, obsługiwanych przez różnych operatorów, wytworzonych na różnych zmianach itp.

METODY STATYSTYCZNE W PROD

PROJEKT

Interpretacja charakterystycznych histogramów 2/3:



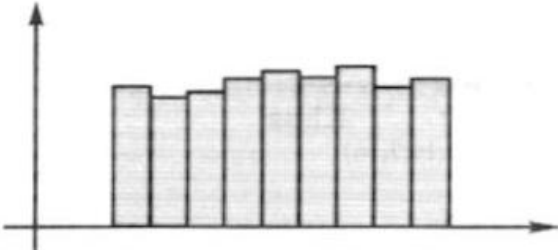
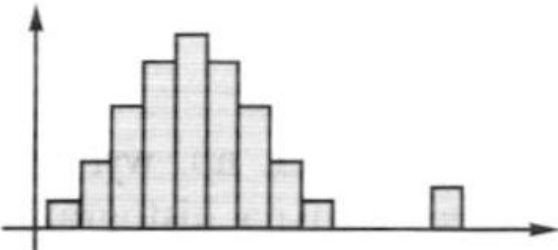
	z „pustymi” przedziałami: może być wynikiem błędów pomiarowych lub niewłaściwego doboru liczby przedziałów histogramu
	lewoskośny*: spotykany w przypadku cech mających naturalną granicę górną, np. wytrzymałość materiału; występuje także, jeśli podejmowane są działania w celu maksymalizacji mierzonej wartości, np. w wyniku „fałszowania” wyników pomiaru, sortowania części
	prawoskośny*: spotykany w przypadku cech mających naturalną granicę dolną, np. wielkość cząstek, czas oczekiwania; może wystąpić z powodu fałszowania wyników, podobnie jak histogram „lewoskośny”

METODY STATYSTYCZNE W PROD

PROJEKT

Interpretacja charakterystycznych histogramów 3/3:

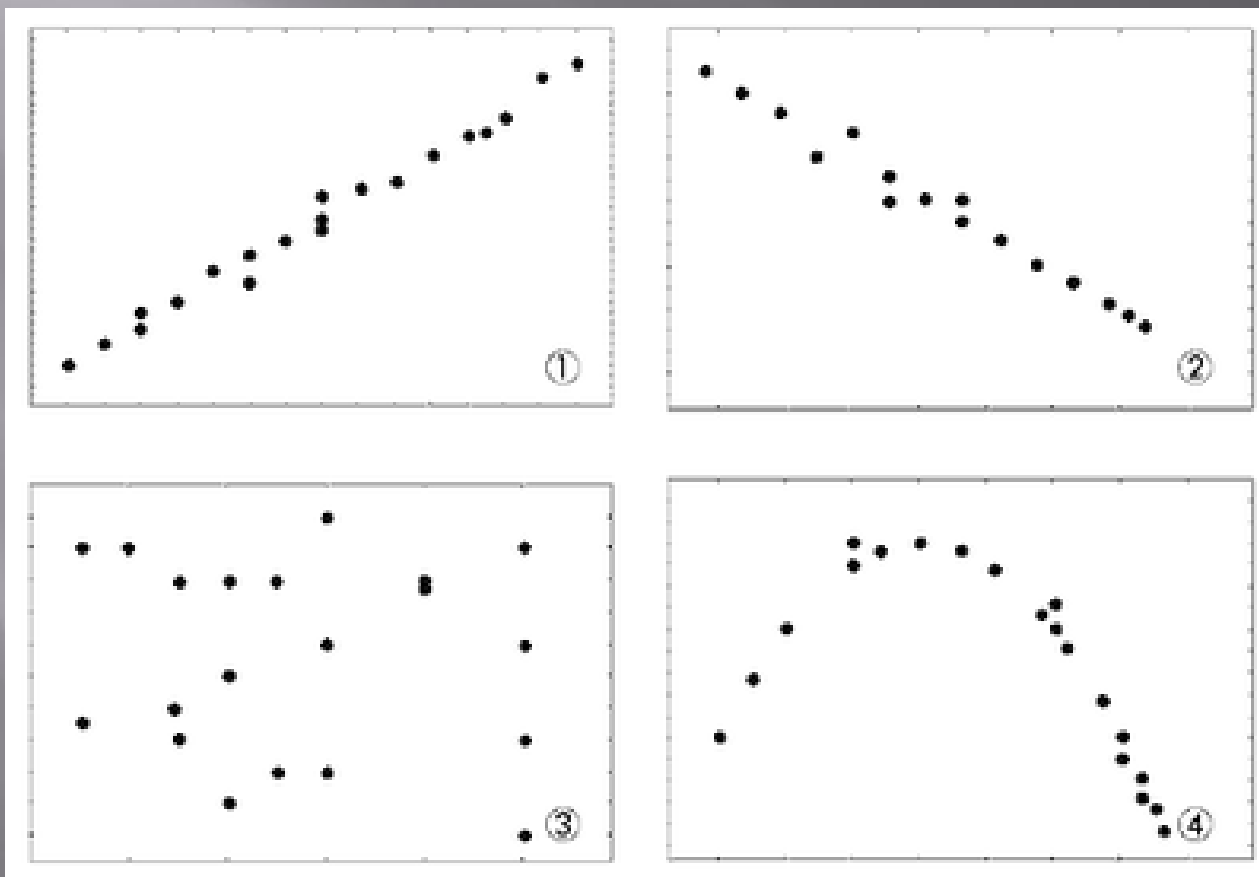


	równomierny: proces nie jest nadzorowany, występuje częsta regulacja procesu (np. w wyniku zużywania się narzędzi); może też być wynikiem przeprowadzonej selekcji części lub wyników pomiaru
	z „dziurą”: najczęściej jest wynikiem błędów pomiarowych

5. ANALIZA KORELACJI I REGRESJI

METODY STATYSTYCZNE W PROD

KORELACJA



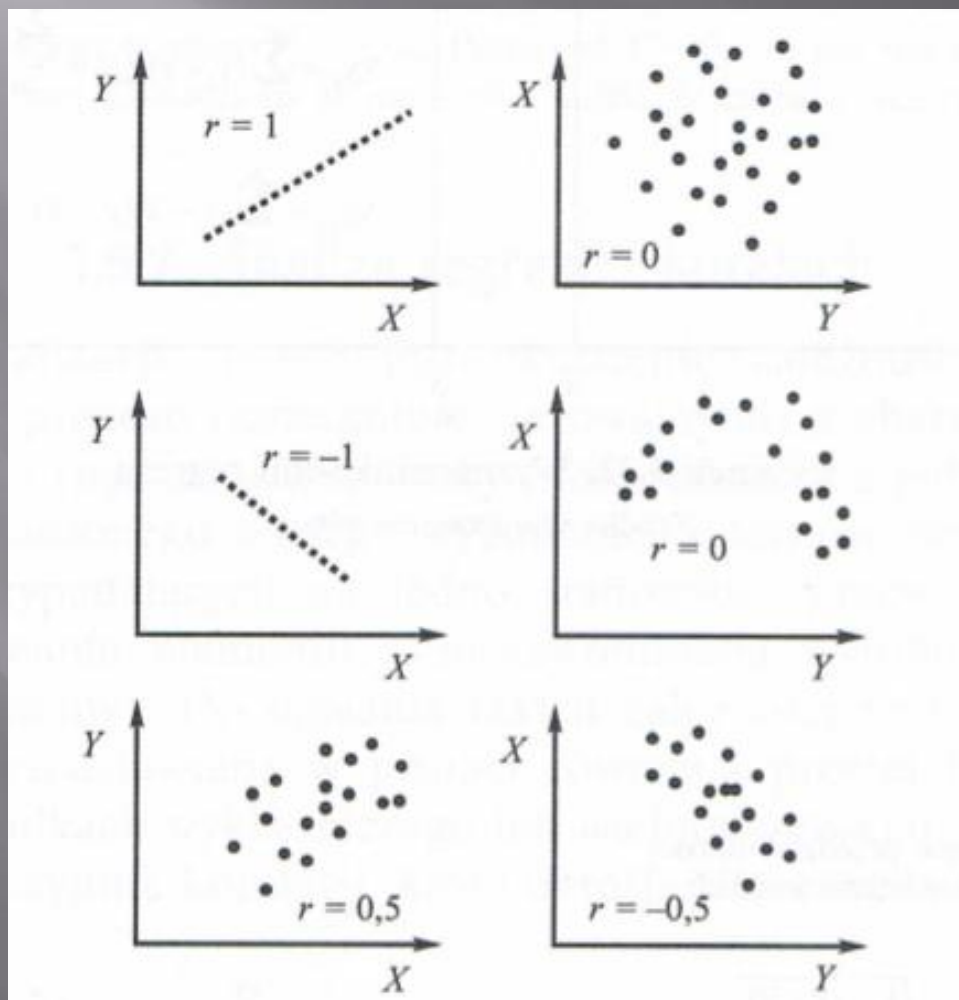
Korelacyjne wykresy rozrzutu; 1 - korelacja liniowa dodatnia, 2 - korelacja liniowa ujemna, 3 - brak korelacji, 4 - korelacja krzywoliniowa

KORELACJA

Wprowadzenie terminologiczne:

- **KORELACJA** – współzależność, współwystępowanie, związek między dwoma cechami (parami cech) - zmiennymi liczbowymi.
- Rozróżniamy korelację: dodatnią, ujemną lub brak. Silną i słabą.
- Korelacja zawsze mieści się w przedziale od -1 do +1.
- Stosujemy miary dotyczące wyliczania korelacji:
 1. Współczynnik **korelacji liniowej Pearsona**.
 2. Współczynnik korelacji rang Spearmana.
 3. Współczynnik zbieżności Czuprowa.

WSPÓŁCZYNNIK KORELACJI



WSPÓŁCZYNNIK KORELACJI LINIOWEJ – PEARSONA

Interpretacja współczynnika korelacji:

Rodzaj korelacji:

1. $r > 0$ **korelacja dodatnia** – gdy wartość X rośnie to Y też
2. $r = 0$ **brak korelacji** – gdy X rośnie to Y czasem rośnie a czasem maleje
3. $r < 0$ **korelacja ujemna** – gdy X rośnie to Y maleje

Siła korelacji dla $|r|$

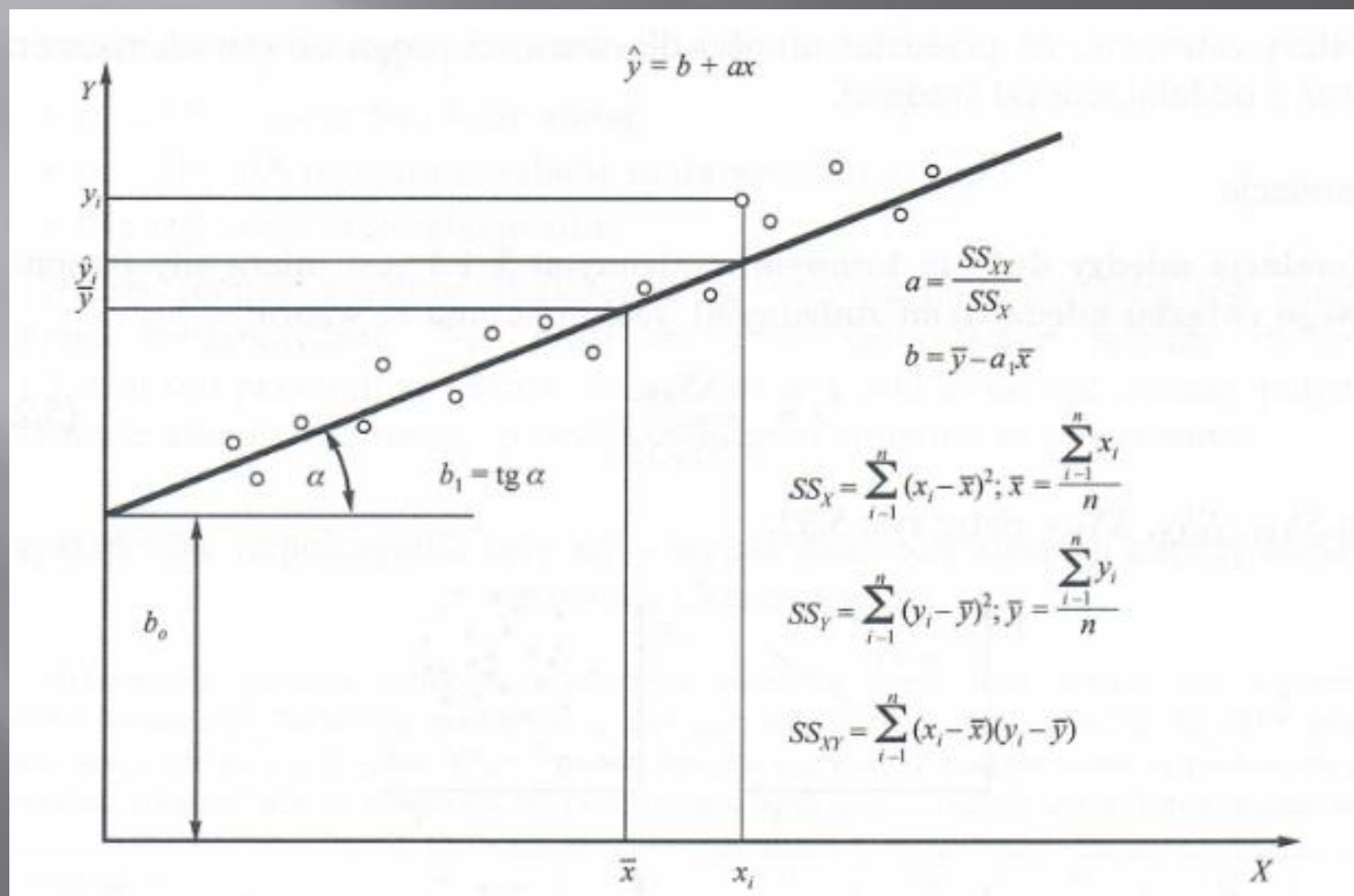
1. < 0.2 – **brak związku liniowego**
2. $0.2 - 0.4$ – **słaba zależność**
3. $0.4 - 0.7$ – **umiarkowana zależność**
4. $0.7 - 0.9$ – **dość silna zależność**
5. > 0.9 – **bardzo silna zależność**

REGRESJA

REGRESJA - metoda statystyczna pozwalająca estymować warunkową wartość oczekiwaną zmiennej losowej.

METODY STATYSTYCZNE W PROD

WYZNACZANIE LINII REGRESJI



WSKAŹNIK DETERMINACJI R^2

WSPÓŁCZYNNIK DETERMINACJI

(współczynnik określoności lub R-kwadrat)

jest miarą tego, jaki procent zmienności zmiennej zależnej (objaśnianej) jest wyjaśniany za pomocą zmiennej niezależnej (czynnik zmienna objaśniająca, predyktor) bądź modelu statystycznego.

PYTANIE: Analizowany czynnik może mieć wpływ (korelacja) na zmienną zależną, pytanie jak mocny jest jego wpływ? Czy są też inne czynniki, które należy wziąć pod uwagę?

WSKAŹNIK DETERMINACJI R^2

0,0 – 0,5 – dopasowanie niezadowalające

0,5 – 0,6 – dopasowanie słabe

0,6 – 0,8 – dopasowanie zadowalające

0,8 – 0,9 – dopasowanie dobre

0,9 – 1,0 – dopasowanie bardzo dobre

Projekt



Analiza korelaciji i regresji

Korelacja i regresja



Zadanie:

1. Kierownik ds. jakości w przedsiębiorstwie Sigma poszukuje sposobu zweryfikowania następującej tezy: **Czas pracy poświęcony wyprodukowaniu 1 partii wyrobów gotowych nie ma wpływu na ich jakość.**
2. Zakłada się, że miarą jakości jest liczba zgłoszonych reklamacji.
3. Zastosuj metodę korelacji i regresji w celu weryfikacji w/w tezy.
4. Przedstaw uzyskane wyniki w postaci wykresu.
5. Opracuj wnioski i rekomendacje.

Korelacja i regresja



Dane:

nr partii [1000 szt.]	sr. Czas wykonania [min]	liczba reklamacji
1	15	5
2	16	6
3	20	2
4	17	6
5	19	4
6	13	7
7	15	6
8	16	8
9	18	4
10	22	2
11	17	5
12	18	3
13	21	1
14	12	8
15	16	3
16	20	5
17	17	6
18	14	4
19	17	5
20	15	7

PYTANIA ?

dr Marian Krupa