



METRO

MEtalurgiczny TRening *On-line*

# Statystyka w sterowaniu i kontroli procesów odlewniczych

Przegląd metod podstawowych  
oraz metodyka SixSigma<sup>TM</sup>

Marcin Perzyk

PW



Edukacja i Kultura



# Statystyczne sterowanie procesem

## Definicja i podstawowe elementy



Statystyczne sterowanie procesem (SSP) jest zespołem różnorodnych działań, podejmowanych w ramach pewnej strategii, mających na celu *ciągłą poprawę procesu*, z wykorzystaniem narzędzi statystycznych.

SSP w efekcie prowadzi do maksymalizacji zysku poprzez:

- polepszenie jakości
- wzrost wydajności
- zapewnienie płynności przebiegu procesu
- zmniejszenie ilości braków
- zmniejszenie emisji szkodliwych substancji
- poprawę jakości obsługi klienta



# Statystyczne sterowanie procesem

## Definicja i podstawowe elementy



### Podstawowe kroki w ramach SSP:

- Sporządzenie dokładnego diagramu procesu produkcyjnego
- Pobieranie losowych próbek w regularnych odstępach czasu i na wielu etapach procesu i dokonywanie pomiarów na tych próbkach.
- Wykrywanie i analiza przypadków rozregulowania procesu.
- Użycie wyników tej analizy do wykrycia przyczyn rozregulowania procesu.
- Usunięcie przyczyn rozregulowania.



# Narzędzia statystyczne SSP



## Najważniejsze rodzaje narzędzi SSP:

- Schematy blokowe (przebiegu)
- Wykresy kolejnych wartości
- Wykresy i analiza Pareto
- Wykresy przyczyna – skutek
- Histogramy częstości
- Karty kontrolne
- Analiza (wskaźniki) zdolności procesu



# Narzędzia SSP

## Schematy blokowe (przebiegu)



Schematy blokowe (angielski termin 'flow charts') nie mają podstaw statystycznych, lecz stanowią bardzo dobre narzędzie wizualizacyjne.

Mogą przedstawiać:

- przebieg czynności
- przepływ materiału
- przepływ informacji

Schematy blokowe mogą dotyczyć np.:

- procesu projektowania wyrobu
- projektowania technologii
- przebiegu procesu technologicznego
- procedur kontrolnych

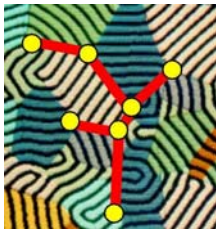


# Narzędzia SSP

## Schematy blokowe (przebiegu)

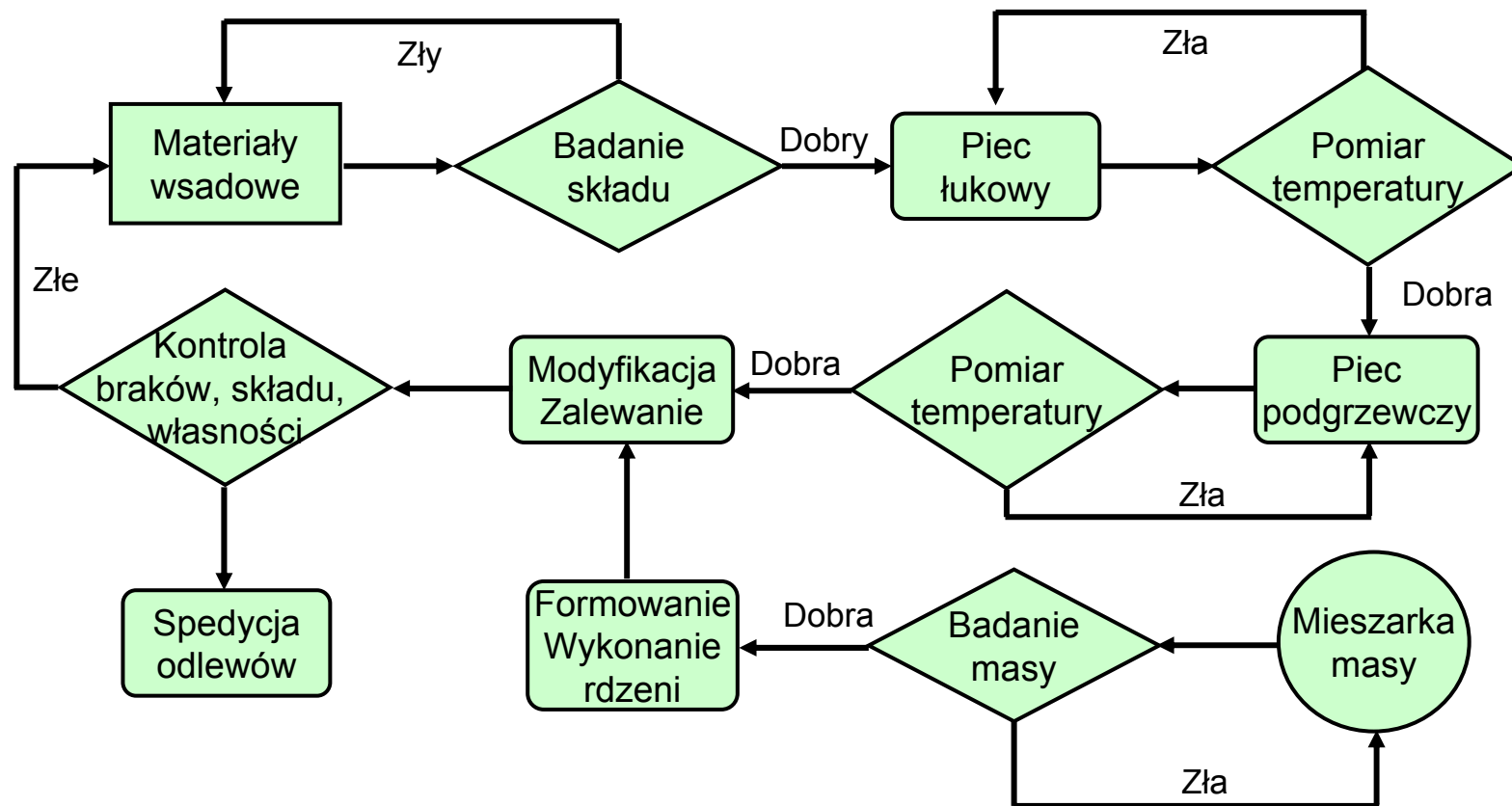


- Schematy blokowe są stosowane w początkowej analizie procesu.
- W miarę potrzeby mogą być uzupełniane o wykresy o większym stopniu szczegółowości dla poszczególnych węzłów wykresu podstawowego lub informacje typu tabelarycznego.
- Każdy uczestnik opracowywanego procesu powinien sporządzić schemat tej jego części, za którą jest odpowiedzialny.

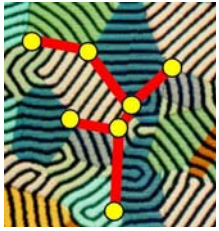


# Narzędzia SSP

## Przykład schematu blokowego



Wytwarzanie odlewów żeliwnych w odlewni Crane Valves (USA)



# Narzędzia SSP

## Wykresy kolejnych wartości

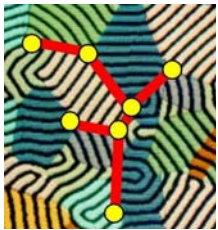


Wykresy kolejnych wartości dowolnej wielkości charakteryzującej proces w funkcji kolejnego numeru pomiaru próby albo czasu (angielski termin 'run charts') nie mają podstaw statystycznych, lecz są użyteczne w przedstawianiu:

- trendów zmian
- związków między różnymi zmiennymi

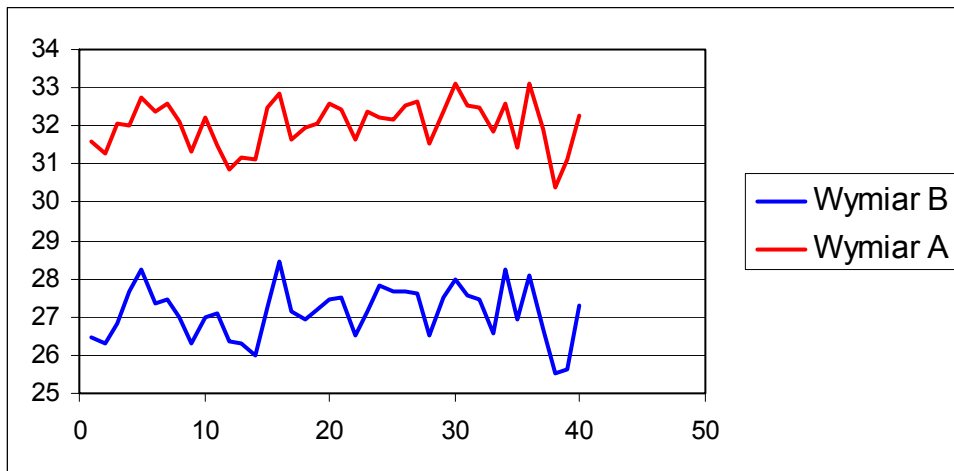
W przypadku analizy zależności między zmianami kilku wielkości przedstawia się je jednocześnie na jednym wykresie. Korzystne jest wówczas wykreślanie ich w wersji przeskalowanej.



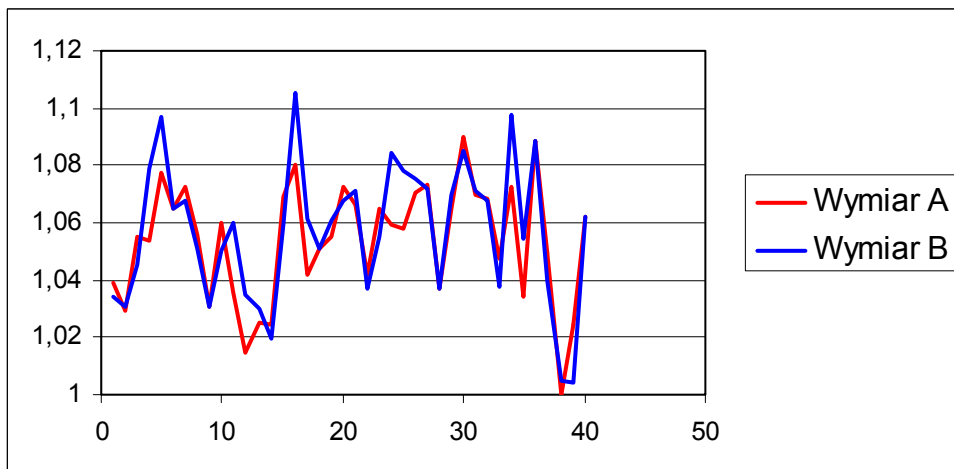


# Narzędzia SSP

## Wykresy kolejnych wartości



Przykład wykresu kolejnych wartości dwóch wymiarów odlewu



Przykład wykresu kolejnych wartości dwóch wymiarów odlewu w wersji przeskalowanej (przez podzielenie przez wartości minimalne każdej z nich)



# Narzędzia SSP

## Wykresy i analiza Pareto



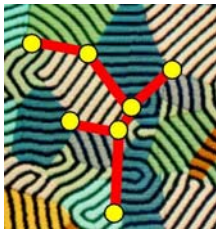
*Zasada Pareto* stwierdza, że: „nie wszystkie przyczyny danego zjawiska występują z jednakową częstotliwością lub mają takie samo znaczenie”.

Tego typu obserwacje można przedstawiać z wykorzystaniem *wykresów Pareto*, które:

- pokazują najczęściej występujące czynniki
- ułatwiają analizę prowadzącą do najlepszego wykorzystania ograniczonych zasobów poprzez ukierunkowanie działań na problemy najbardziej znaczące

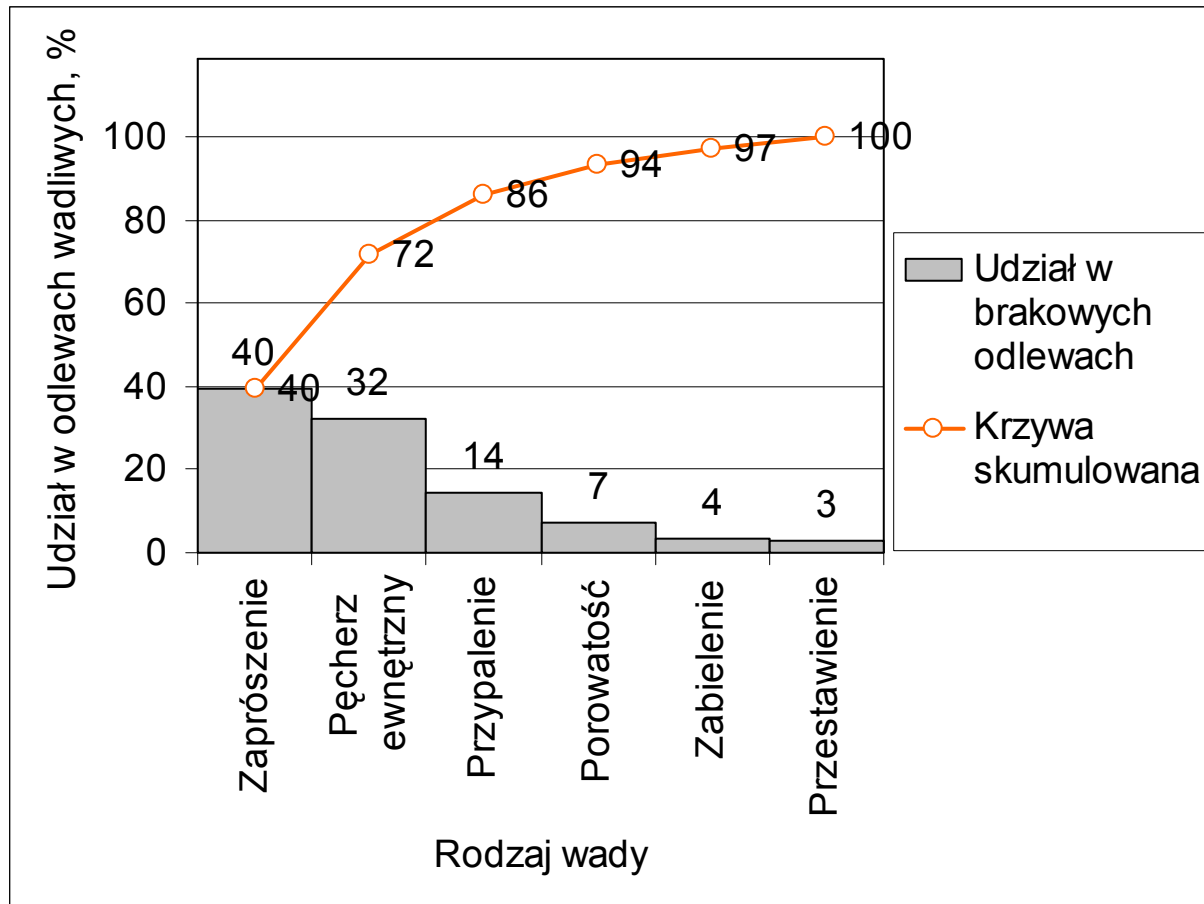
Przykład: wyrób może posiadać kilka rodzajów wad, ale:

- wady te występują z różnym natężeniem
- tylko niektóre z nich składają się przeważającą większość wad
- różne wady powodują wzrost kosztów w różnym stopniu



# Narzędzia SSP

## Przykład wykresu Pareto



Z wykresu można wyciągnąć wniosek, że należy skoncentrować się na ograniczeniu 2 wad: 'zaprószenie' i 'pęcherz', tworzących blisko  $\frac{3}{4}$  wszystkich wad



# Narzędzia SSP

## Diagram przyczynowo-skutkowy Ishikawy



Diagram przyczynowo-skutkowy jest rodzajem zestawienia czynników oddziałujących na proces.

Ze względu na swój wygląd zwany jest „diagramem ości rybiej” lub pod nazwą diagramu Ishikawy (od nazwiska autora, profesora Kaoru Ishikawa z Uniwersytetu w Tokio).

Wykresy tego typu nie mają podstaw statystycznych, lecz stanowią bardzo dobrą pomoc dla rozwiązywania problemów produkcyjnych, w tym wykrywaniu i usuwaniu usterek.



# Narzędzia SSP

## Diagram przyczynowo-skutkowy Ishikawy

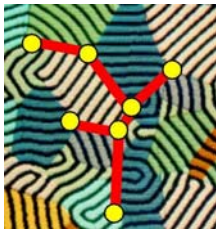


Diagramy Ishikawy mogą w szczególności:

- ujawniać ważne zależności pomiędzy różnymi zmiennymi procesu oraz możliwymi przyczynami zakłóceń
- dostarczać dodatkowego wglądu w zachowanie się procesu

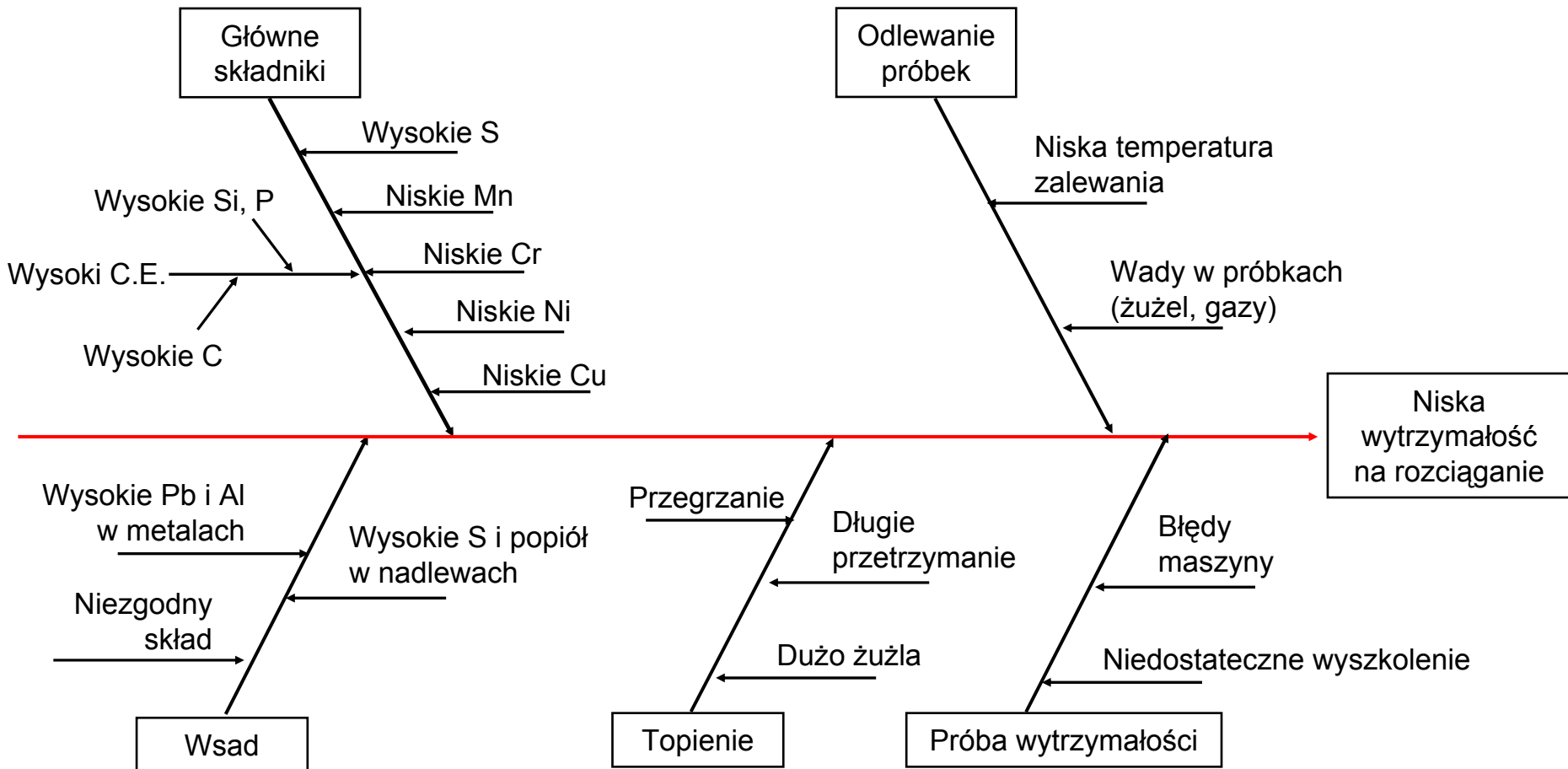
Budowa diagramu wymaga szeregu, kolejno podejmowanych, działań:

- Wykonanie schematu blokowego procesu.
- Określenie problemu, który trzeba rozwiązać.
- Znalezienie (w burzy mózgów) wszystkich możliwych przyczyn problemu.
- Pogrupowanie przyczyn w kategorie.
- Zbudować diagram ilustrujący relacje pomiędzy tymi przyczynami.



# Narzędzia SSP

Przykład diagramu Ishikawy dla identyfikacji przyczyn zaniżonych wartości wytrzymałości żeliwa szarego (odlewnia Crane Valves, USA)





# Narzędzia SSP

## Histogramy częstości

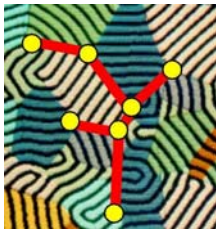


Histogram częstości stanowi bardzo efektywną i łatwą w interpretacji metodę sumarycznego przedstawiania danych.

Stanowi podstawowe narzędzie statystyczne w SSP.

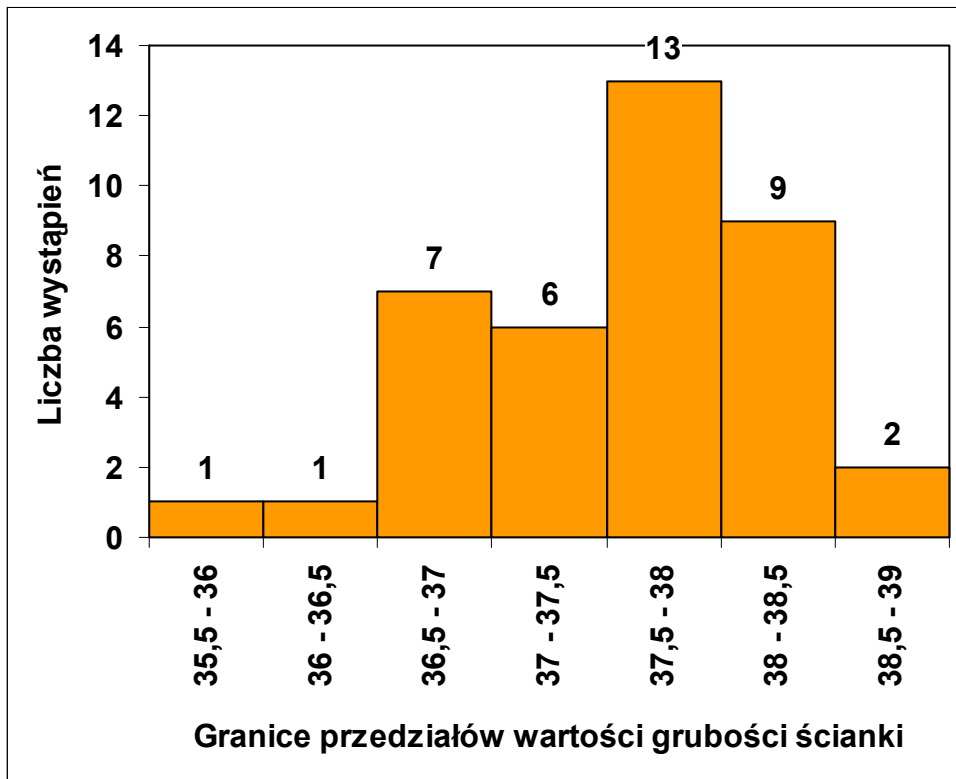
Jest graficzną prezentacją rozkładu wartości wybranej zmiennej pomiędzy określone przedziały (klasy).

Liczba wartości w klasie ilustrowana jest przez wysokość słupka rysowanego nad tą klasą.



# Narzędzia SSP

## Przykład histogramu częstości



Wykres częstości dla 40 pomiarów grubości ścianki odlewu o wartości nominalnej 38 mm





# Narzędzia SSP

## Histogramy częstości



Histogram częstości dostarcza informacji odnośnie:

- przeciętnej (średniej) wartości danej
- zmienności zawartej w danych
- modelu (kształtu) tej zmienności
- informacji, czy proces jest utrzymany w wyspecyfikowanych granicach

Zasady budowy histogramów:

- Przedziały wartości zmiennej powinny mieć jednakowe szerokości
- Liczba przedziałów wynosi zwykle od 6 do 20, przy czym
  - małe ilości danych (wartości) wymagają stosowania mniejszej liczby przedziałów
  - 10 przedziałów jest ilością odpowiednią dla liczby wartości od 50 do 200



# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

## Stabilność i zmienność procesu



Procesy, które nie są statystycznie stabilne wykazywać mogą:

- nadmiernie wysoką zmienność (wahania)
- zmiany stopnia i charakteru tych wahań w czasie

Karty kontrolne służą do wykrycia, czy proces jest statystycznie stabilny.

Rozróżniamy dwa typy zmienności (wahań):

- wahania normalnie oczekiwane w procesie, tzn. wynikające z przypadkowego wystąpienia zwykłych, powszechnie spotykanych przyczyn
- wahania które zmieniają się w czasie wskutek specjalnych przyczyn i które mogą być przypisane konkretnym czynnikom



# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

## Stabilność i zmienność procesu



Wahania wskutek zwykłych (typowych) przyczyn posiadają następujące cechy:

- mają niewielki wpływ na proces
- są naturalne dla procesu ze względu na:
  - charakter (naturę) systemu wytwarzania
  - sposób zarządzania systemem i jego organizację
- mogą być usunięte jedynie przez:
  - dokonanie modyfikacji procesu
  - zmianę procesu na inny
- leżą w gestii wyższej kadry kierowniczej



# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

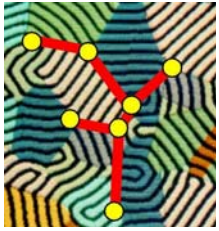
## Stabilność i zmienność procesu



Wahania wynikające ze specjalnych przyczyn posiadają następujące cechy:

- mają z natury miejscowy charakter
- stanowią wyjątki w systemie
- są uważane za nieprawidłowości
- są na ogół związane z konkretnym:
  - pracownikiem lub zespołem
  - urządzeniem
  - partią (dostawą) materiału itd.

Zbadanie i usunięcie wahań występujących wskutek przyczyn specjalnych jest kluczowym zadaniem dla poprawy procesu, realizowanym z wykorzystaniem kart kontrolnych.



# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

## Definicja i ogólne zasady tworzenia

Zasady tworzenia i stosowania kart opierają się na połączeniu wykresów kolejnych wartości (run charts) z analizą statystyczną, w szczególności testowaniem hipotez.

Karta kontrolna sporządzana jest wg następującej procedury:

- pobieranie próbek w regularnych odstępach czasu
- wykreślenie wybranego parametru statystycznego (lub miary jakości procesu) dla każdej próbki, w funkcji jej kolejnego numeru, np.:
  - średniej
  - rozstępu
  - odchylenia standardowego
  - liczby sztuk wadliwych itd.
- sprawdzenie (graficznie) czy proces jest stabilny statystycznie



# Narzędzia SSP

## Główne rodzaje kart kontrolnych



Karty kontrolne mogą być stosowane dla dwóch typów danych: liczbowych ciągłych i dyskretnych.

- Dane liczbowe dotyczą szeroko rozumianych pomiarów (np. wymiarów, twardości, składu chemicznego). Zwykle mają charakter ciągły.
- Dane dyskretne mają charakter atrybutowy i zazwyczaj pochodzą z kontroli odbiorczej, tj. opartej na ocenach alternatywnych, w której wyroby klasyfikuje się jako dobre lub złe.



# Narzędzia SSP

## Rodzaje kart kontrolnych dla zmiennych ciągłych



Najczęściej stosowane rodzaje kart kontrolnych dla zmiennych ciągłych:

- Średniej (z próbki) Shewharta, tzw. karta  $\bar{X}$
- Rozstępu (w próbce) Shewharta tzw. karta  $R$
- Odchylenia standardowego Shewharta (alternatywa dla karty  $R$ )
- Sum skumulowanych (CUSUM)
- Sum skumulowanych (CUSUM) Shewharta
- Średniej ruchomej z wagami wykładniczymi (EWMA)

Podstawowymi typami kart są karta  $\bar{x}$  oraz karta  $R$ .

Karty typu CUSUM i EWMA, stosujące tzw. testy sekwencyjne, umożliwiają łatwiejsze wykrycie dryfu wartości średniej (ewentualnie wariancji)



# Narzędzia SSP

## Rodzaje kart kontrolnych dla zmiennych dyskretnych (atrybutowych)



Najczęściej stosowane rodzaje kart kontrolnych dla danych dyskretnych (atrybutowych), pochodzących z kontroli odbiorczej:

- udziału wadliwych wyrobów w próbkce (karta  $p$ )
- liczby wyrobów wadliwych (karta  $np$ )
- liczby wad (karta  $c$ )

Dane dyskretne (atrybutowe) są stosunkowo proste do zbierania, ale dostarczają mniej informacji o procesie, niż dane ciągłe.

Dla danych dyskretnych możliwe jest także stosowanie kart opartych o testy sekwencyjne.





# Narzędzia SSP

## Założenia dla kart kontrolnych



Konstruowanie kart kontrolnych wymaga przyjęcia dwóch podstawowych założeń odnośnie wykreślanej charakterystyki statystycznej (np. średniej z próbki lub rozstępu):

- o niezależności (aktualnej wartości od jej wartości poprzednich oraz o braku jej wpływu na wartości następne)
- o normalności jej rozkładu

Rozkład normalny charakteryzują następujące prawdopodobieństwa  $P$  znalezienia się punktu poza przedziałem odległym od średniej o wielokrotność odchylenia standardowego rozkładu  $\sigma$ :

| Granice przedziału | $P$         | Uwagi  |
|--------------------|-------------|--|
| $\pm\sigma$        | 31,7 %      |  |
| $\pm 2\sigma$      | 4,55 %      | Położenie linii ostrzegawczych karty $\bar{x}$ |
| $\pm 3\sigma$      | 0,27 %      | Położenie linii kontrolnych karty $\bar{x}$    |
| $\pm 6\sigma$      | 0,0000002 % | Zastosowanie w metodzie SixSigma               |



# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

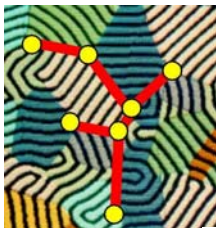
## Zasady zbierania danych



Liczebność pojedynczej próbki oraz częstość ich pobierania należy ustalić uwzględniając, że obie te wielkości zwiększają:

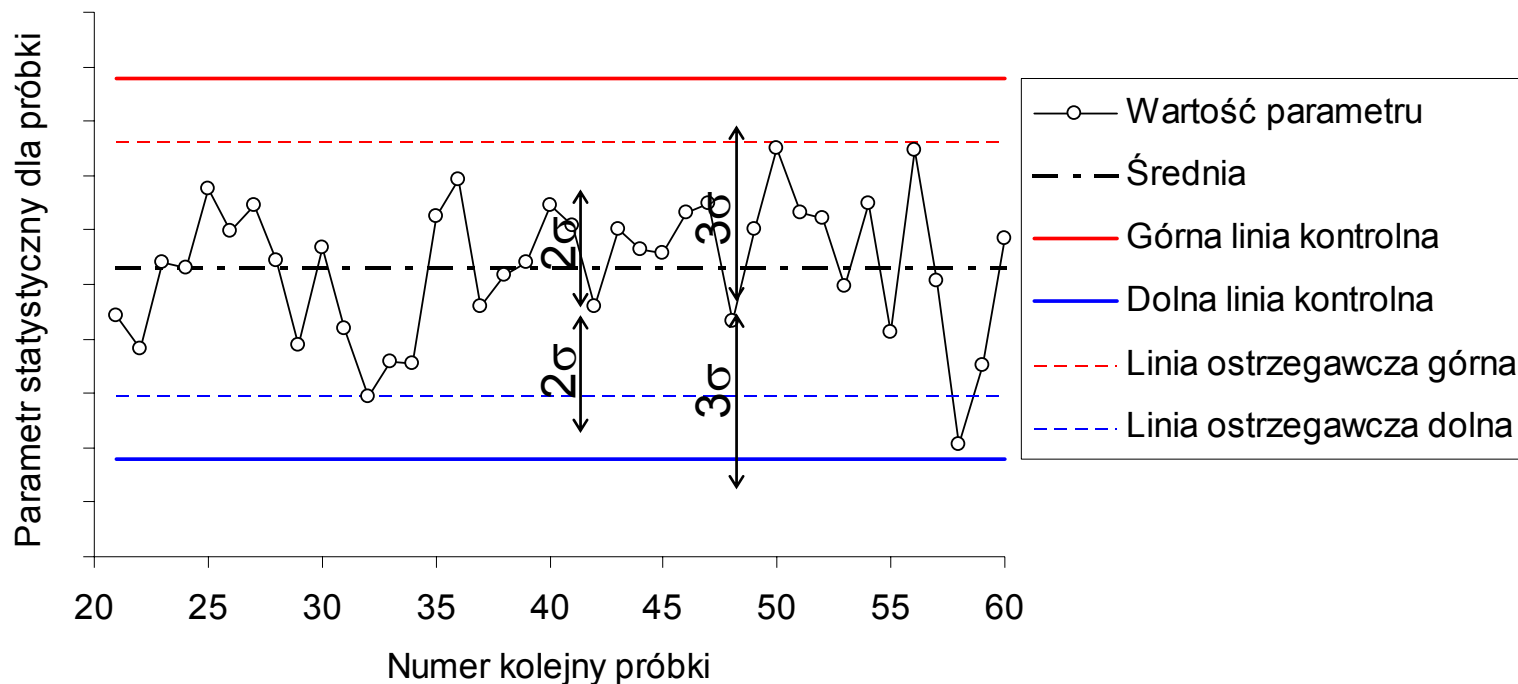
- prawdopodobieństwo wykrycia rozregulowania procesu
- koszty kontroli (pomiarów)

Najczęściej stosowana liczność próbek zawiera się w granicach od 3 do 10. Najczęściej każda próbka ma jednakową liczebność, choć możliwe jest stosowanie próbek o różnych liczebnościach.



# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

## Główne elementy



### UWAGA:

Położenie linii średniej oraz wartości odchylenie standardowego odnoszą się do średniej i odchylenia dla wszystkich dotychczasowych wartości danego parametru.

Jeżeli tym parametrem jest np. średnia z próbki, to położenie linii średniej wyznacza średnia ze średnich pomiarów dla tych próbek.

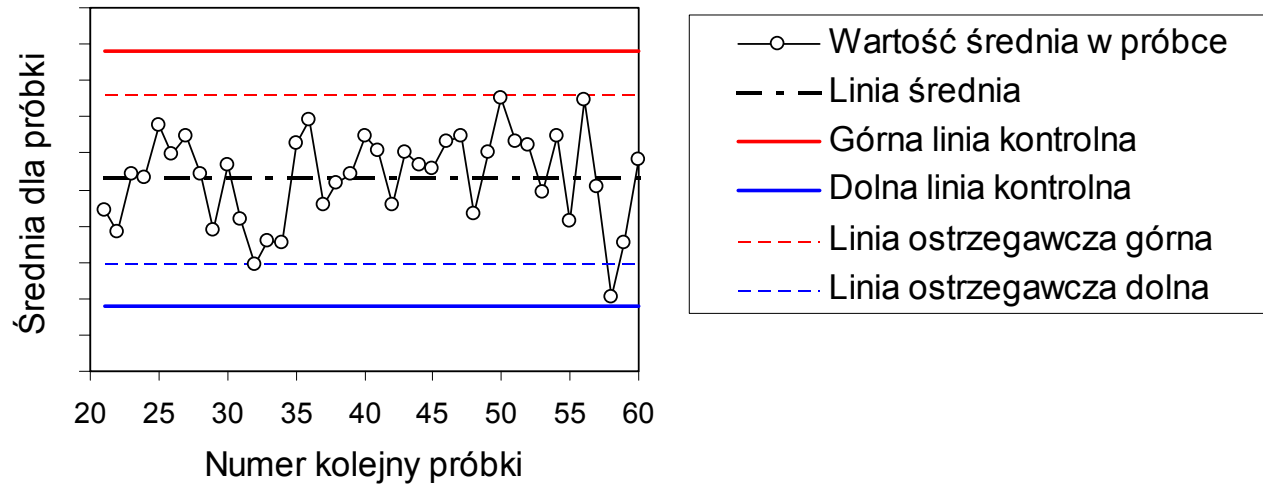


# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

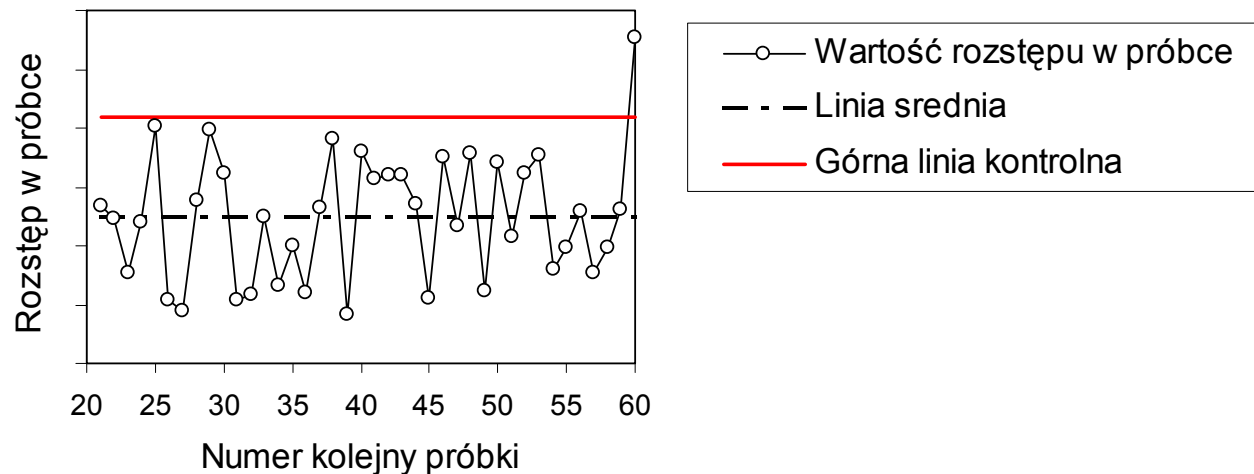
## Przykłady kart podstawowych



Przykład karty  $\bar{x}$



Przykład karty R





# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

## Zasady wykrywania rozregulowań



Typowe objawy rozregulowania procesu wykrywane na podstawie karty średniej Shewharta z naniesionymi liniami kontrolnymi i ostrzegawczymi:

- punkt wykracza poza linię kontrolną
- 2 kolejne punkty leżą poza liniami ostrzegawczymi
- 7 lub więcej kolejnych punktów leży po jednej stronie średniej (wskazuje to na przesunięcie średniej procesu)
- 5 lub 6 kolejnych punktów zmierza w tym samym kierunku (wskazuje to na trend w procesie)
- 14 kolejnych obserwacji na przemian w górę i w dół (na proces mają systematyczny wpływ dwie przeciwstawne przyczyny, np. monitorowane są na przemian dostawy z dwóch różnych źródeł).



# Narzędzia SSP

## Karty kontrolne oparte na testach sekwencyjnych



Karty typu CUSUM i EWMA, stosujące tzw. testy sekwencyjne, umożliwiają łatwiejsze wykrycie dryfu wartości średniej (ewentualnie wariancji).

Karty tego typu wymagają odkładania na osi rzędnych specjalnie skonstruowanego parametru statystycznego.

Dla każdego kolejnego punktu parametr taki jest obliczany na podstawie wartości dla punktu poprzedniego.

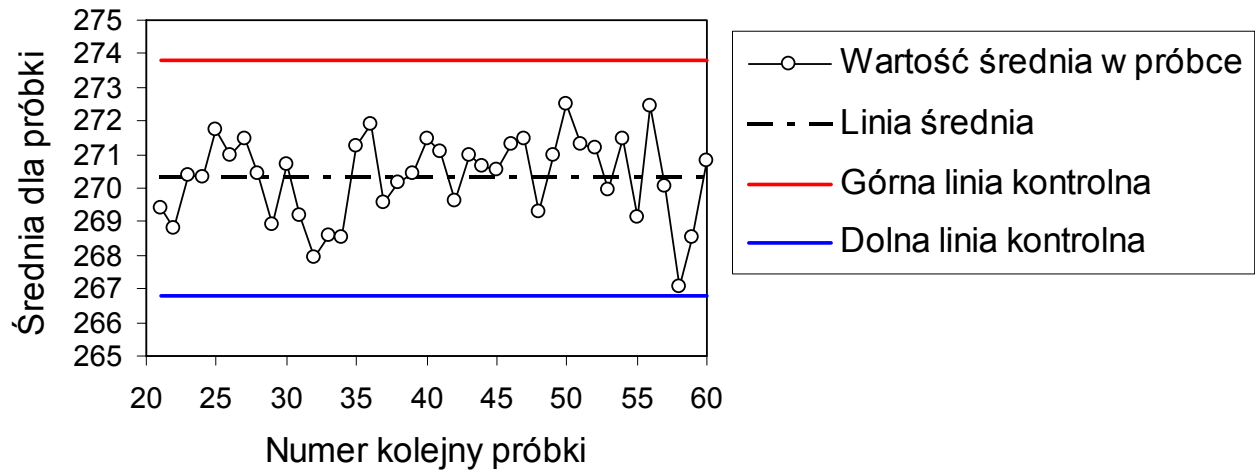


# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

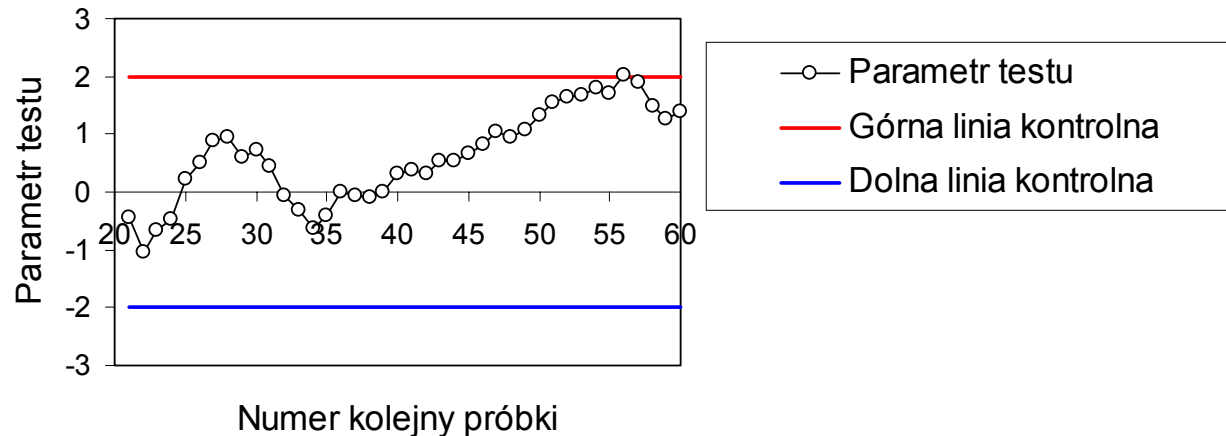
## Porównanie możliwości karty dla średniej i CUSUM Shewharta

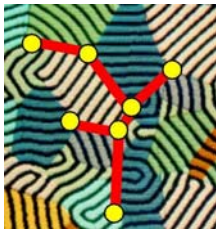


Karta kontrolna średniej dla przykładowych danych. Wykrycie dryfu średniej jest praktycznie niemożliwe.



Karta CUSUM Shewharta dla tych samych danych. Krzywa wyraźnie wskazuje okresy dryfu średniej.





# Narzędzia SSP. Karty kontrolne

## Porównanie możliwości różnych kart



Względne możliwości najczęściej stosowanych kart kontrolnych, dotyczące wykrywania różnego typu zmian w procesie

| Rodzaj zmiany w procesie | Rodzaj karty |          |       |
|--------------------------|--------------|----------|-------|
|                          | Średniej     | Rozstępu | CUSUM |
| Duży błąd                | + + +        | + +      | +     |
| Zmiana średniej          | + +          |          | + + + |
| Zmiana zmienności        |              | + + +    |       |
| Powolne wahania          | + +          |          | + + + |
| Nagłe wahnięcia          |              | + + +    |       |





# Narzędzia SSP

## Analiza zdolności procesu



Analiza zdolności procesu ma na celu określenie w sposób ilościowy, w jakim stopniu proces jest zdolny spełniać wyspecyfikowane zadania, tj. utrzymywać produkcję w zakresie wyznaczonym przez tolerancję dla danego parametru wyrobu (np. wymiaru, twardości itp.).

Między granicami (liniami) kontrolnymi stosowanymi na kartach średniej, a granicami tolerancji są istotne różnice.

- Granice tolerancji wyznaczane są przez klienta, zaś granice kontrolne wynikają z rzeczywistego rozrzutu wyników.
- Utrzymywanie się wyników wewnątrz granic (linii) kontrolnych niekoniecznie oznacza, że są one zgodne z ustaloną tolerancją.
- Utrzymywanie się wyników w przedziale tolerancji niekoniecznie oznacza, że proces jest ustabilizowany.



# Narzędzia SSP

## Wskaźnik zdolności procesu



Zdolnością procesu nazywamy stosunek pola tolerancji do rozrzutu wyników. Zakładając, że szerokość tego rozrzutu wynosi  $6\sigma$  ( $\pm 3\sigma$ ), czyli odległości pomiędzy liniami kontrolnymi, podstawowy wskaźnik zdolności procesu definiuje się jako:

$$C_p = \frac{T_g - T_d}{6\sigma}$$

gdzie:  $T_g$  – górna wartość tolerancji  
 $T_d$  – dolna wartość tolerancji  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe



# Narzędzia SSP

## Wskaźnik zdolności procesu



Im wskaźnik zdolności procesu  $C_p$  jest większy, tym proces jest lepszy. Charakterystyczne wartości tego wskaźnika wynoszą:

- $C_p < 1$  – proces jest niezadowalający
- $1 < C_p < 1,6$  – proces jest uważany za średnio zadowalający
- $C_p > 1,6$  – proces wykazuje wysoką zdolność.

Wartości  $C_p = 1$  odpowiada zasadniczo udziałowi braków 0,27 % (równa ilości wyników poza liniami kontrolnymi). Standardem światowym jest wartość 1,33, która odpowiada zasadniczo udziałowi braków 0,0063%.



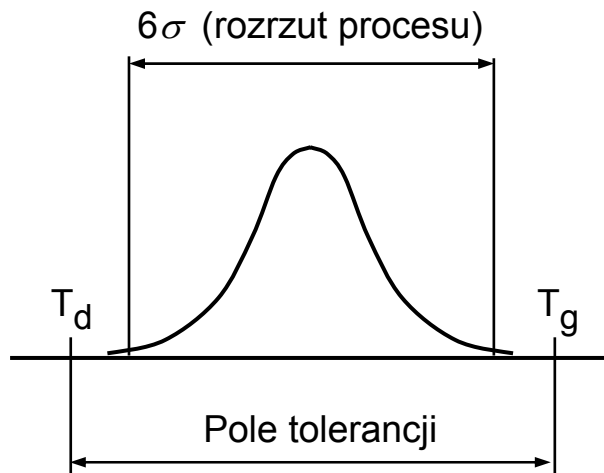
# Narzędzia SSP

## Wskaźnik zdolności procesu

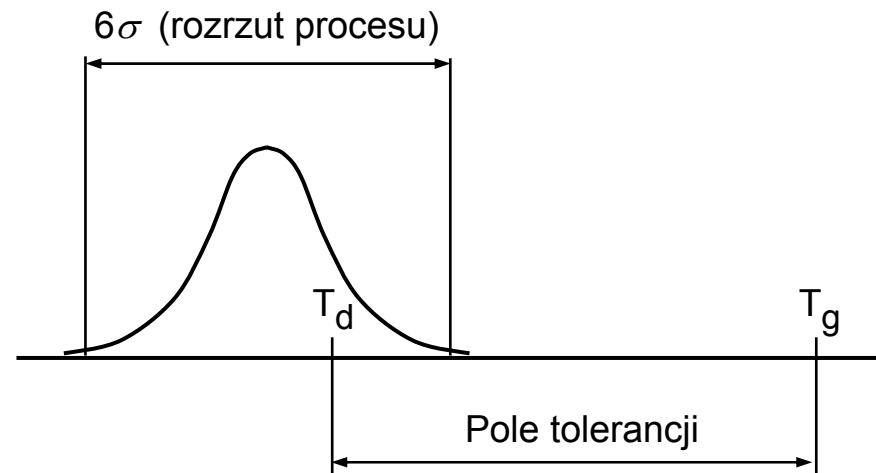


Wzór na wskaźnik  $C_p$  jest prosty i intuicyjny, jednak niewystarczający do oceny zdolności procesu.

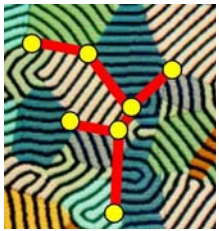
Na przykład proces może mieć wskaźnik  $C_p = 1,33$ , ale wytwarzać aż np. 80% wyrobów wadliwych, jeżeli jest przesunięty daleko poza pole tolerancji:



Proces wycentrowany  $C_p = 1,33$   
0,0063% braków



Proces przesunięty  $C_p = 1,33$   
80% braków



# Narzędzia SSP

## Wskaźnik wycentrowania procesu



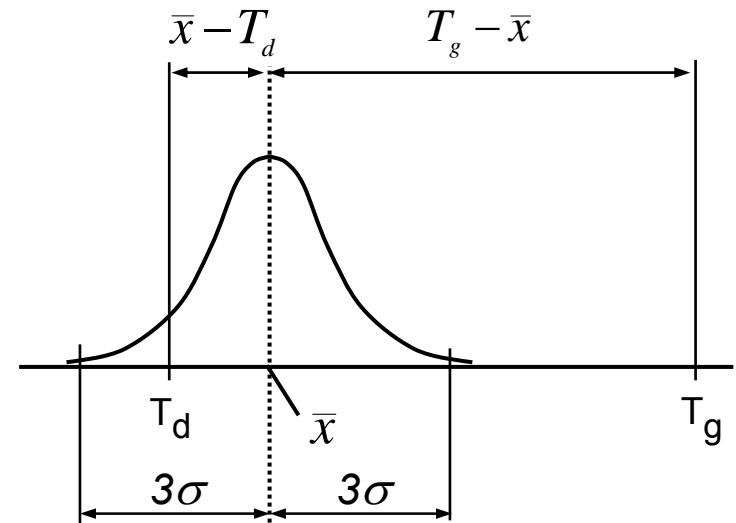
Dla kontroli przesunięcia procesu oprócz  $C_p$  stosuje się drugi wskaźnik, tzw. wskaźnik wycentrowania procesu oznaczany  $C_{pk}$ , uwzględniający wartość średnią procesu. Zasada wyznaczania tego wskaźnika jest następująca:

Wyznacza się 2 wskaźniki pomocnicze wycentrowania, oddzielnie w odniesieniu do górnej i dolnej granicy tolerancji wg wzorów:

$$C_{pkd} = \frac{\bar{x} - T_d}{3\sigma} \quad C_{pkg} = \frac{T_g - \bar{x}}{3\sigma}$$

Wartość  $C_{pk}$  jest *wartością mniejszą* (gorszą) z  $C_{pkd}$  i  $C_{pkg}$ .

Wskaźniki  $C_p$  i  $C_{pk}$  są sobie równe, gdy proces będzie dokładnie w środku pola tolerancji.





# Statystyczne sterowanie procesem

## Definicja SixSigma™



SixSigma™ jest systemem jakościowym formalnie wprowadzonym i zarejestrowanym jako znak handlowy przez firmę Motorola w USA.

Ogólnym celem systemu jest zwiększenie zysków przedsiębiorstwa poprzez *zasadnicze zmniejszenie zmienności w produkcji*, ilości braków i odpadów.

Wiąże się to z jednoczesnym podniesieniem zaufania klientów oraz morale pracowników.



# Statystyczne sterowanie procesem

## Definicja SixSigma™ c.d.



SixSigma™ jest rygorystyczną metodologią wykorzystującą analizę danych i metody statystyczne.

Zmniejszenie zmienności w produkcji i ilości braków rozpatruje się w dwóch aspektach:

- Określenie miary zmienności procesu i udziału braków oraz sposobu jej wyznaczania
- Metodyka osiągania tych celów obejmująca
  - zasady organizacyjne
  - narzędzia statystyczne



# Metodyka SixSigma™

## Określenie zmienności procesu



Udział braków, jaki należy osiągnąć, nazywany poziomem SixSigma, wynosi 0,00034%, tj. 3,4 wyrobów wadliwych na milion. Przez wyrób wadliwy rozumie się taki, którego parametr wykracza poza granice tolerancji określone przez klienta.

Cel taki osiąga się wówczas, gdy bieżąca (tzw. krótkoterminowa) wartość odchylenia standardowego jest taka, aby podwojona wartość sześciu sigma równa była polu tolerancji:

$$2 \cdot 6\sigma = T_g - T_d$$





# Metodyka SixSigma™

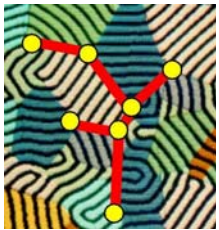
## Określenie zmienności procesu



Z właściwości rozkładu normalnego wynika, że w granicach poza  $\pm 6\sigma$  zawarte jest tylko 0,0000002% populacji, tj. 2 wyroby na miliard!

W praktyce stwierdzono, że typowy proces może odchyłać się od jego naturalnego środka o wartość  $\pm 1,5\sigma$ . Taki dryf średniej, nie uwzględniany w obliczeniach bieżącego  $\sigma$  powoduje, że linia tolerancji może jednostronnie zbliżyć się do środka rozkładu na odległość  $6\sigma - 1,5\sigma = 4,5\sigma$ .

Dla rozkładu normalnego oznacza to, że poza tą granicą znajdzie się 0,00034% populacji, zakładane w metodyce Six Sigma .



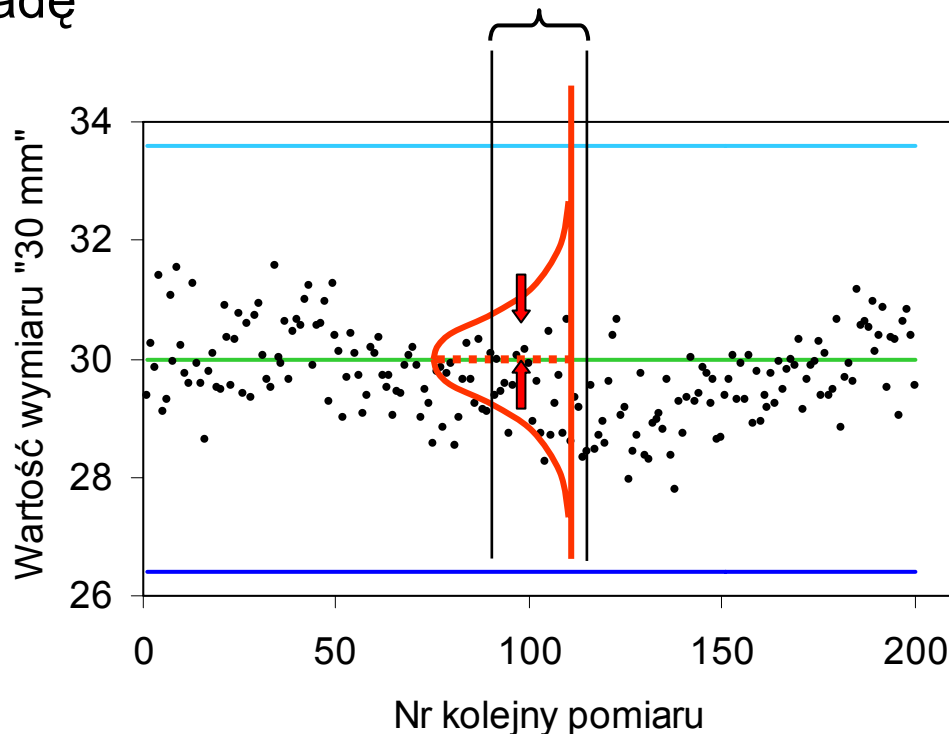
# Statystyczne sterowanie procesem

## Kontrola procesu w SixSigma™



Przykładowy wykres pokazujący zasadę kontroli procesu w SixSigma™

Jedna z serii pomiarów do obliczania bieżącego  $\sigma$  i średniej



- Tolerancja górna
- Tolerancja dolna
- Wyniki pomiarów
- Wartość nominalna

- ↓ Przesunięcie średniej procesu w kierunku linii
- ↑ tolerancji (maksymalnie o  $1,5\sigma$ )



# Metodyka SixSigma™

## Kalkulator Six Sigma



W celu ułatwienia przeliczania udziału wyrobów wadliwych na osiągniętą krotność  $\sigma$ , która mieści się w granicach tolerancji, stosuje się proste narzędzie, tzw. kalkulator Six Sigma.

Wykorzystuje on wartości dystrybuanty rozkładu normalnego jednak w taki sposób, że daną wartość  $n\sigma$  zmniejsza do wartości  $(n-1,5)\sigma$ .

**SIGMA CALCULATOR**

Enter your process opportunities and defects and press the "Calculate" button.

Switch To: [Advanced Mode](#)

Opportunities

Defects

**Calculation Results**

DPMO

Defects (%)

Yield (%)

Process Sigma

© iSixSigma 2000-2005

provided by



# Metodyka SixSigma™

## Wprowadzanie systemu



SixSigma™ wprowadzane jest przez realizację projektu poprawy, stosującego metodologię jednego z dwóch typów:

- DMAIC (od angielskiego Define, Measure, Analyze, Improve, Control)
- DMADV (od angielskiego Define, Measure, Analyze, Design, Verify)



# Metodyka SixSigma™

## Wprowadzanie systemu



Metodykę DMAIC stosuje się dla wyrobów lub procesów istniejących w przedsiębiorstwie, gdy nie odpowiadają one wymaganiom klienta lub nie wykazują dostatecznych osiągnięć. Obejmuje ona następujące etapy:

- Definiowanie (Define) celów projektu oraz elementów dostawy dla klientów (wewnętrznych i zewnętrznych)
- Mierzenie (Measure) procesu w celu określenia jego aktualnego stanu (możliwości)
- Analiza (Analyze) przyczyn i korzeni braków
- Poprawa (Improve) procesów przez wyeliminowanie braków
- Kontrola i monitorowanie (Control) przyszłego przebiegu i możliwości procesów



# Metodyka SixSigma™

## Wprowadzanie systemu



Metodykę DMADV stosuje się dla nowych wyrobów lub procesów, albo w przypadku gdy działania podjęte dla istniejących procesów (w ramach DMAIC) nie przyniosły pożądanych efektów. Obejmuje ona następujące etapy:

- Definiowanie (Define) celów projektu oraz elementów dostawy dla klientów (wewnętrznych i zewnętrznych)
- Mierzenie (Measure) i określenie potrzeb i wymagań klienta
- Analiza (Analyze) opcji (wariantów) procesu w celu spełnienia tych wymagań
- Projekt (Design) procesu spełniającego te wymagania
- Weryfikacja (Verify) możliwości procesu i zdolności do spełnienia wymagań klienta



# Metodyka SixSigma™

## Wprowadzanie systemu



Metodyka SixSigma™ realizowana jest z wykorzystaniem ogólnie znanych narzędzi statystycznych, omówionych wcześniej w tym wykładzie.

SixSigma™ wprowadzana jest przez pracowników przedsiębiorstwa o różnych zadaniach i poziomach kwalifikacji, zwanych:

- Zielone Pasy (Green Belts) - stopień najniższy)
- Czarne Pasy (Black Belts)
- Czarne Pasy Mistrzowskie (Master Black Belts) - stopień najwyższy



METRO

MEtalurgiczny TRening *On-line*

# Statystyka w sterowaniu i kontroli procesów odlewniczych

**Koniec wykładu**



Edukacja i Kultura