

## SZEŚĆ SIGMA — POJĘCIE (OD PEWNEGO CZASU) NIEJEDNOZNACZNE

JERZY WAWRZYNEK

Wyższa Szkoła Handlowa we Wrocławiu  
e-mail: [jerzy.wawrzynek@handlowa.eu](mailto:jerzy.wawrzynek@handlowa.eu)

### ABSTRACT

J. Wawrzynek. *Six sigma — an ambiguous concept (for some time past)*. Folia Oeconomica Cracoviensia 2013, 54: 81–92.

Since the nineties of the twentieth century in the literature about quality management one can meet the concept "six sigma", "6 sigma" or "6 $\sigma$ ". This expression "6 sigma", "6 $\sigma$ " all the time belongs to the vocabulary of probability and statistics. But now this expression is used very often in two new meanings elaborated in the field of quality management.

In the frame of probability and statistics the concept "6 sigma" is connected with the length of the so called three sigma interval fulfilling the rule of three standard deviations. In the quality management domain the term "6 $\sigma$ " is used in two distinct sense. The first of the two meanings concerns the measuring of quality level using the so called process capability indices. The last of the new meaning of "6 sigma" denotes a class of quality management methods and techniques oriented to enterprise financial effectiveness.

In this note the concise characterization of every of the three meanings of the "six sigma" concept is given.

### STRESZCZENIE

Począwszy od lat dziewięćdziesiątych XX wieku w piśmiennictwie z dziedziny zarządzania jakością, a nawet w materiałach reklamowych i folderach, pojawia się termin „sześć sigma”, „6 sigma” lub „6 $\sigma$ ”, który nawet w polskojęzycznych publikacjach jest często wypierany przez angielskie „six sigma”. Pojęcie „6 sigma”, „6 $\sigma$ ” mieści się od dawna w kanonie klasycznych pojęć rachunku prawdopodobieństwa i statystyki, natomiast w obszarze zarządzania jakością pojawia się w dwu innych odmiennych znaczeniach, najpierw jako wartość miary zdolności procesu produkcyjnego do spełnienia wymagań jakościowych określonych w projekcie wyrobu, a ostatecznie jako określenie pewnego systemu metod i technik zarządzania jakością. W tej notce scharakteryzowany jest krótko sens tego pojęcia w każdym z trzech wyodrębnionych tu znaczeń.

W klasycznej terminologii pojęć probabilistyczno-statystycznych termin „6 sigma” kojarzony jest z długością przedziału trzysigmowego konstytuującego prawo trzech odchyłeń standardowych. To podstawowe znaczenie tytułowego pojęcia — wobec prawdziwej inwazji pozostałych znaczeń — zostaje przypomniane i skomentowane w części pierwszej tej notki.

Dwa inne znaczenia pojęcia „6 sigma” rozpowszechnione w obszarze zarządzania jakością opisane są krótko w pozostałych częściach pracy. I tak, w części drugiej notki wyjaśniono znaczenie terminu „six sigma” jako wartości miary zdolności procesu produkcyjnego do spełnienia wymagań jakościowych określonych w projekcie wyrobu, co umożliwi obiektywną ocenę poziomu jakości w organizacji. Z kolei w części trzeciej opisano zastosowanie pojęcia „sześć sigma” jako nazwy pewnego finansowo efektywnego systemu metod i technik zarządzania jakością w organizacji.

#### KEY WORDS — SŁOWA KLUCZOWE

quality management, statistics, three sigma rule (3 sigma interval), process capability measures, defects per million opportunities, six sigma, DMAIC method

metoda DMAIC, miary zdolności procesu, prawo trzech odchyłeń standardowych (przedział 3 sigma), statystyka, strategia przełomu, sześć sigma, zarządzanie jakością

## 1. WPROWADZENIE

W piśmiennictwie z dziedziny zarządzania jakością, a nawet w materiałach reklamowych i folderach, pojawia się od lat dziewięćdziesiątych XX wieku termin „sześć sigma”, „6 sigma” lub „6  $\sigma$ ”, wypierany zresztą w polskojęzycznych publikacjach coraz częściej przez angielskie „six sigma”. Pojęcie „6 sigma”, „6  $\sigma$ ” zawiera się od dawna w kanonie klasycznych pojęć rachunku prawdopodobieństwa i statystyki, natomiast w obszarze zarządzania jakością pojawia się w dwu znaczeniach, najpierw jako wartość miary zdolności procesu produkcyjnego do spełnienia wymagań jakościowych określonych w projekcie wyrobu, a ostatecznie jako określenie pewnego systemu metod i technik zarządzania jakością. W dalszym ciągu zamierzamy opisać krótko sens tego pojęcia w każdym z trzech wyodrębnionych tu znaczeń.

## 2. TRADYCYJNE ZNACZENIE PROBABILISTYCZNO-STATYSTYCZNE

W statystyce opisowej funkcjonuje tzw. prawo trzech odchyłeń standardowych (prawo trzech sigm), które można wyrazić następująco: „W typowym materiale statystycznym w przedziale  $[\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s]$ , gdzie  $\bar{x}$  oznacza średnią arytmetyczną  $n$  obserwacji cechy mierzalnej  $X$ , podczas gdy  $s$  oznacza odchylenie standardowe tych obserwacji w próbie  $n$  — elementowej, zawierają się na ogół wszystkie obserwacje”. Prawo to posługując się takimi sformułowaniami jak: „typowy materiał statystyczny” i „na ogół wszystkie obserwacje” ma charakter nieostry, rozmyty.

W rachunku prawdopodobieństwa odpowiednikiem przedziału  $[\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s]$  jest przedział  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$ , gdzie  $EX$  oznacza wartość oczekiwaną, natomiast  $\sigma$  oznacza odchylenie standardowe zmiennej losowej  $X$ . Z nierówności Czebyszewa, zob. np. Fisz (1958), wiadomo, że dla dowolnej zmiennej losowej  $X$  o skończonych dwu pierwszych momentach jej realizacje zawierają się w prze-

dziale  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$  z prawdopodobieństwem równym co najmniej  $8/9$ . Na przykład dla zmiennej  $X$  o rozkładzie normalnym jej wartości mieszczą się w przedziale  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$  z prawdopodobieństwem około 0,9973. Z kolei dla zmiennej  $X$  o rozkładzie jednostajnym na odcinku  $[a, b]$  jest  $EX = (a + b)/2$  i  $\sigma^2 = (b - a)^2/12$ , skąd łatwo obliczyć, że zbiór  $[a, b]$  wartości zmiennej  $X$  o rozkładzie jednostajnym jest podzbiorem zbioru  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$ , wobec czego realizacje tej zmiennej mieszczą się w przedziale  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$  z prawdopodobieństwem 1. Interesujące jest i nietrudno to pokazać, że dla zmiennej  $X$  o rozkładzie dwumianowym z parametrami  $n$  i  $p$  wszystkie wartości tej zmiennej — od 0 do  $n$  — mieszczą się w przedziale  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$  tylko w przypadku, gdy  $n = 9$  i  $p = 1/2$ .

W praktyce statystycznej przedział  $[\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s]$  jak i przedział  $[EX - 3\sigma, EX + 3\sigma]$  nazywane są przedziałami trzysigmowymi. Oczywiście ich długość wynosi odpowiednio  $6s$  i  $6\sigma$ . Stąd też w klasycznej terminologii probabilistyczno-statystycznej termin „6 sigma” kojarzony jest z długością przedziału trzysigmowego konstytuującego prawo trzech odchyleń standardowych.

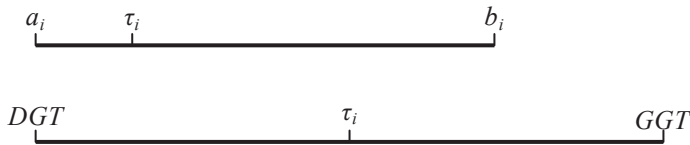
### 3. SIGMA — JEDNOSTKA MIARY ZDOLNOŚCI PROCESU WYTWARZANIA DO ZAPEWNIENIA WYSOKIEJ JAKOŚCI PRODUKTU

Jakość określonego (aktualnie wytwarzanego, nowego lub modyfikowanego) produktu jest m.in. funkcją pewnej liczby mierzalnych wielkości  $Y_1, \dots, Y_s$ , zwanych parametrami projektowymi. W dokumentacji technicznej danego produktu określona jest dla każdego  $Y_i$  odpowiednia wartość liczbowa  $t_i$  ( $i = 1, \dots, s$ ) zwana wartością docelową, zob. np. Iwasiewicz (1999); lub wartością pożądaną (*target value*) parametru projektowego  $Y_i$ . Równocześnie z tym, specyfikacja technologiczna produktu określa dla każdego  $Y_i$  ( $i = 1, \dots, s$ ) pewien przedział  $[a_i, b_i]$ , zwany przedziałem tolerancji technologicznej. Dolna granica przedziału  $[a_i, b_i]$  jest nazywana dolną granicą tolerancji (*DGT*), natomiast granica górna — górną granicą tolerancji (*GGT*). Wprawdzie  $a_i \leq t_i \leq b_i$  dla każdego  $i = 1, \dots, s$ , ale wartość pożądana  $t_i$  nie musi być równa środkowi przedziału tolerancji  $[a_i, b_i]$ , a w skrajnych przypadkach może być np.  $t_i = a_i$  albo  $t_i = b_i$ . Przypadek  $t_i \neq (a_i + b_i)/2$  oraz przypadek  $t_i = (DGT + GGT)/2$  zilustrowano też na rys. 1.

W odniesieniu do parametru projektowego  $Y_i$  ( $i = 1, \dots, s$ ) jego wartość docelową  $t_i$  interpretuje się w ten sposób, że jeśli  $Y_i = t_i$ , to dany produkt odznacza się ze względu na  $Y_i$  najwyższą jakością. Z kolei, jeśli wartość  $Y_i \in [a_i, b_i]$ , to ze względu na parametr  $Y_i$  produkt spełnia wymogi technologiczne, natomiast jeśli  $Y_i$  nie mieści się w granicach przedziału tolerancji, to dany egzemplarz produktu traktowany jest jako brak.

W praktyce zarządzania jakością doskonale znany jest problem zdolności rzeczywistego procesu wytwarzania danego produktu do spełnienia wymagań

jakościowych założonych w dokumentacji projektowo-konstrukcyjnej tego produktu. Może się bowiem okazać, że zamieszczone w dokumentacji technicznej specyfikacje wartości pożądanych  $t_1, \dots, t_s$  oraz przedziałów  $[a_1, b_1], \dots, [a_s, b_s]$ , gwarantujące wysoką jakość produktu ze względu na wielkości  $Y_1, \dots, Y_s$ , są bardzo trudne do spełnienia w realnych warunkach technicznych konkretnego przedsiębiorstwa. Stopień tych trudności można ocenić przez pomiar zdolności realnego procesu wytwarzania do spełnienia wymagań jakościowych założonych w projekcie danego produktu. Ponieważ na poziomie procesu wytwarzania danego produktu każda z wielkości  $Y_1, \dots, Y_s$  charakteryzujących jego jakość może być interpretowana jako zmienna losowa, to w odniesieniu do wybranej zmiennej  $Y$ , miara zdolności procesu powinna być funkcją uwzględniającą relację pomiędzy przedziałem tolerancji (i wartością docelową) a rozkładem empirycznym tej zmiennej losowej.



Rys. 1. Przykładowe położenia wartości docelowej  $t_i$  w przedziale tolerancji

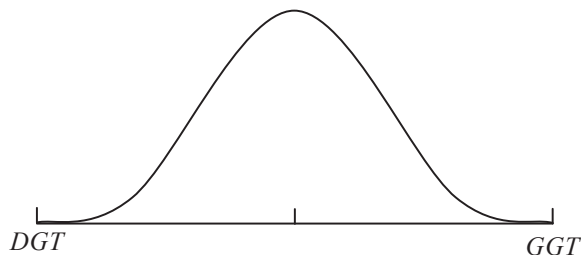
Podstawowa miara zdolności procesu do spełnienia projektowych wymagań jakościowych produktu odnośnie parametru projektowego  $Y$  wyraża się wzorem:

$$C_p = \frac{GGT - DGT}{6\sigma}, \quad (1)$$

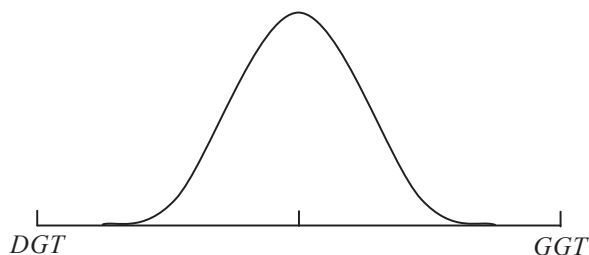
gdzie  $\sigma$  oznacza odchylenie standardowe rozkładu empirycznego zmiennej losowej  $Y$ .

Łatwo zauważyć, że  $C_p = 1$ , gdy długość  $GGT - DGT$  przedziału tolerancji jest równa  $6\sigma$ ;  $C_p = 1,33$ , gdy  $GGT - DGT = 8\sigma$ ;  $C_p = 1,67$ , gdy  $GGT - DGT = 10\sigma$ ; a  $C_p = 2$ , gdy  $GGT - DGT = 12\sigma$ . Rozpowszechniona w literaturze (por. np. Rao i in. (1996) oraz Thompson i in. (2005)) konwencja oceny poziomu jakości produktu za pomocą miary  $C_p$  jest następująca: jeśli  $C_p = 1$  lub nieco więcej, to jakość znajduje się na poziomie  $3\sigma$ ; jeśli  $C_p = 1,33$  lub nieco więcej, to mamy do czynienia z jakością na poziomie  $4\sigma$ ; jeśli  $C_p = 1,67$  lub nieco więcej, to jakość znajduje się na poziomie  $5\sigma$ ; zaś jeśli  $C_p \geq 2$ , to osiągnięto lub przekroczono poziom jakości  $6\sigma$ . Ta konwencja wyznacza empirycznemu odchyleniu standardowemu  $\sigma$  zmiennej  $Y$  rolę jednostki miary zdolności procesu wytwarzania do zapewnienia wysokiej jakości produktu (przynajmniej ze względu na wybraną zmienną  $Y$ ), a jednocześnie propaguje termin „sześć sigma” jako synonim jego znakomitej jakości.

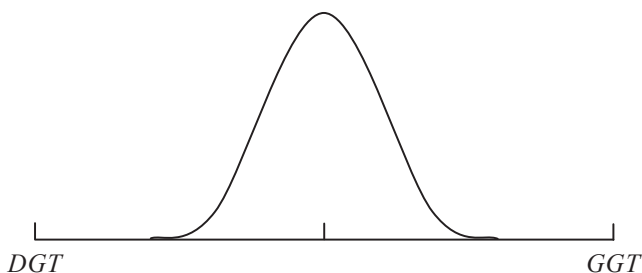
Na rysunkach 2–5 zilustrowano wpływ na zmianę wartości  $C_p$  i poziomu jakości oraz zmieniające się prawdopodobieństwa  $P_b$  wytworzenia braków w rozpatrywanych przypadkach, gdy rozkład empiryczny zmiennej  $Y$  jest w każdym z czterech procesów rozkładem normalnym o — centralnie uplasowanej względem przedziału tolerancji — wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2$  oraz stałej wartości  $\sigma$ , podczas gdy długość przedziału tolerancji w kolejnych procesach zwiększa się od  $6\sigma$  — poprzez  $8\sigma$  i  $10\sigma$  — do  $12\sigma$ .



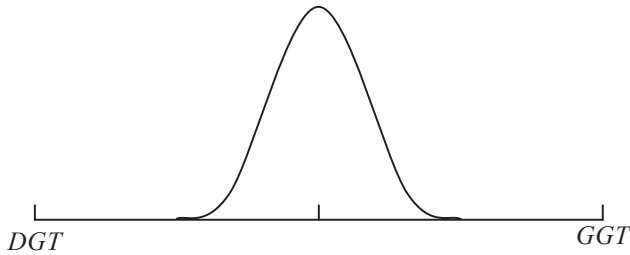
Rys. 2. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2$  w przypadku  $GGT - DGT = 6\sigma$  oznacza, że  $C_p = 1$  (jakość na poziomie  $3\sigma$ ) oraz  $P_b = 0,0027$



Rys. 3. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2$  w przypadku  $GGT - DGT = 8\sigma$  oznacza, że  $C_p = 1,33$  (jakość na poziomie  $4\sigma$ ) oraz  $P_b = 0,000063$



Rys. 4. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2$  w przypadku  $GGT - DGT = 10\sigma$  oznacza, że  $C_p = 1,67$  (jakość na poziomie  $5\sigma$ ) oraz  $P_b = 0,00000057$



Rys. 5. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2$  w przypadku  $GGT - DGT = 12\sigma$  oznacza, że  $C_p = 2$  (jakość na poziomie  $6\sigma$ ) oraz  $P_b = 0,000000002$

Zastosowanie miary (1) w celu pomiaru zdolności procesu do spełnienia zaprojektowanych wymagań jakościowych oraz ocena poziomu jakości produktu za pomocą — wynikającej z dokonanego pomiaru — odpowiedniej wielokrotności jednostki  $\sigma$  posiada dwie zasadnicze wady uniemożliwiające jednoznaczną interpretację i porównywalność otrzymanych wyników. Pierwsza z nich polega na tym, że dla dwu różnych procesów wytwarzania (opisanych przez dwa różne rozkłady empiryczne zmiennej procesowej), w których jednak prawdopodobieństwa  $P_b$  wytworzenia braków są takie same, wartości miary  $C_p$  mogą się różnić i tym samym poziom jakości obu procesów może zyskać paradoksalnie inną ocenę. Druga z wad polega na tym, że przy jednakowych wartościach  $GGT - DGT$  i  $\sigma$  dla dwu różnych procesów (opisanych przez dwa różne rozkłady empiryczne), czyli dla różnych procesów o tej samej wartości  $C_p$ , prawdopodobieństwa  $P_b$  wytworzenia braków w poszczególnych procesach mogą się istotnie różnić. Wady te wynikają stąd, że miara  $C_p$  uwzględnia wpływ rozkładu empirycznego zmiennej  $Y$  na zdolność procesu oraz poziom jakości produktu jedynie poprzez odchylenie standardowe  $\sigma$  tego rozkładu, ignoruje jednak całkowicie typ rozkładu empirycznego i wartość oczekiwaną zmiennej  $Y$ .

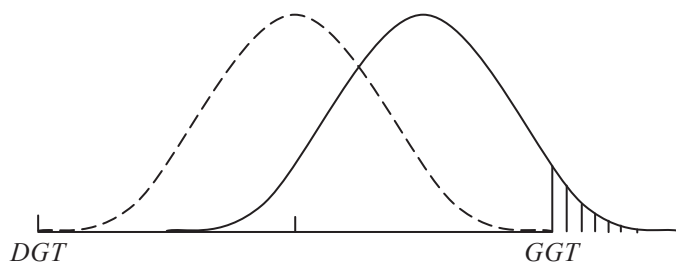
Wymienione wady miary (1) eliminuje w pewnym stopniu skorygowana miara zdolności procesu

$$C_{pk} = \frac{\min(GGT - EY, EY - DGT)}{3\sigma}, \quad (2)$$

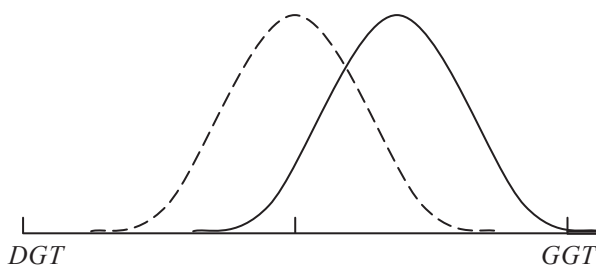
która uwzględnia wpływ rozkładu empirycznego zmiennej  $Y$  na zdolność procesu oraz poziom jakości produktu nie tylko poprzez odchylenie standardowe  $\sigma$ , ale także przez wartość oczekiwaną  $EY$  zmiennej  $Y$ . Można pokazać, że  $C_{pk} \leq C_p$ , przy czym  $C_{pk} = C_p$  wtedy i tylko wtedy, gdy  $EY = (DGT + DGT)/2$ . Warto też zauważyć, że przy ustalonych wielkościach  $DGT$ ,  $DGT$  i  $\sigma$ , wartości skorygowanej miary zdolności  $C_{pk}$  są tym mniejsze, im bardziej parametr  $EY$  rozkładu empirycznego zmiennej  $Y$  różni się od środka  $(DGT + DGT)/2$  przedziału tolerancji

dla  $Y$ . W sytuacji, gdy  $EY \neq (DGT + DGT)/2$ , wielkość różnic pomiędzy wartościami  $C_p$  i  $C_{pk}$ , a w konsekwencji istotność różnic w ocenie poziomu jakości za pomocą miar  $C_p$  i  $C_{pk}$  podano na rys. 6–9 dla empirycznego rozkładu normalnego zmiennej  $Y$  z parametrami  $EY = (DGT + DGT)/2 + 1,5\sigma$  oraz  $\sigma$  i czterech różnych długości przedziału  $[DGT, DGT]$ . Dla każdego z tak scharakteryzowanych procesów podano też prawdopodobieństwa  $P_{bk}$  wytworzenia braków w poszczególnych procesach. Są one oczywiście większe od podanych pod rys. 2–5 prawdopodobieństw  $P_b$  wytworzenia braków w analogicznych procesach o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2$  uplasowanej w środku przedziału  $[DGT, DGT]$ . Stąd też w celu realistycznej oceny poziomu jakości i stopnia zdolności procesu do spełnienia wymagań odnośnie jakości produktu należy w tych nader częstych przypadkach praktycznych, gdy  $EY \neq (DGT + DGT)/2$ , postulować zastosowanie miary (2).

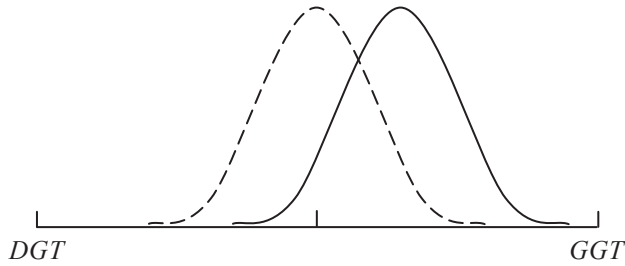
Jak już wspomniano, w praktyce rzadko ma miejsce sytuacja idealnej symetrii, polegająca na centralnym uplasowaniu rozkładu empirycznego zmien-



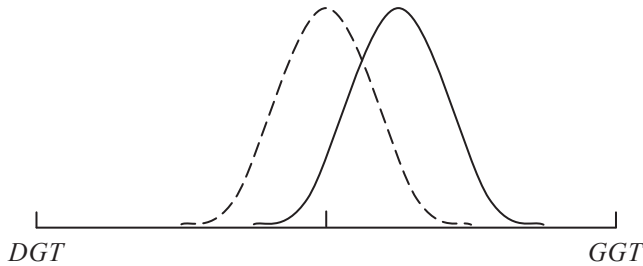
Rys. 6. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2 + 1,5\sigma$  w przypadku  $GGT - DGT = 6\sigma$  oznacza, że  $C_{pk} = 0,5$  oraz  $P_{bk} = 0,066803$ , podczas gdy ignorująca przesunięcie parametru  $EY$  o  $1,5\sigma$  miara  $C_p = 1$  sugeruje jakość na poziomie  $3\sigma$ .



Rys. 7. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2 + 1,5\sigma$  w przypadku  $GGT - DGT = 8\sigma$  oznacza, że  $C_{pk} = 0,833$  oraz  $P_{bk} = 0,0062$ , podczas gdy ignorująca przesunięcie parametru  $EY$  o  $1,5\sigma$  miara  $C_p = 1,33$  sugeruje jakość na poziomie  $4\sigma$ .



Rys. 8. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DG + DGT)/2 + 1,5\sigma$  w przypadku  $GGT - DGT = 10\sigma$  oznacza, że  $C_{pk} = 1,167$  oraz  $P_{bk} = 0,000233$ , podczas gdy ignorująca przesunięcie parametru  $EY$  o  $1,5\sigma$  miara  $C_p = 1,67$  sugeruje jakość na poziomie  $5\sigma$ .



Rys. 9. Rozkład normalny zmiennej  $Y$  o wartości oczekiwanej  $EY = (DGT + DGT)/2 + 1,5\sigma$  w przypadku  $GGT - DGT = 12\sigma$  oznacza, że  $C_{pk} = 1,5$  oraz  $P_{bk} = 0,0000034$ , podczas gdy ignorująca przesunięcie parametru  $EY$  o  $1,5\sigma$  miara  $C_p = 2$  sugeruje jakość na poziomie  $6\sigma$ .

nej  $Y$  w przedziale tolerancji technologicznej, gdyż zwykle  $EY \neq (DGT + DGT)/2$ . Mimo to poziom jakości procesu i produktu określa się — także ze względów marketingowych — za pomocą miary  $C_p$ . Wobec opisanych wcześniej wad miary (1) dołącza się do deklaracji o osiągniętym poziomie jakości wyjaśnienie, że w konkretnym procesie wartość oczekiwana  $EY$  zmiennej  $Y$  może znajdować się w przedziale od  $(DGT + DGT)/2 - 1,5\sigma$  do  $(DGT + DGT)/2 + 1,5\sigma$ , uzupełnione informacją o oczekiwanej liczbie braków (wad) przypadających na 1 milion jednostek produktu, której można się spodziewać — odpowiednio na poziomie  $3\sigma$ ,  $4\sigma$ ,  $5\sigma$  i  $6\sigma$  — w sytuacji optymalnej, gdy  $EY = (DGT + DGT)/2$  oraz w sytuacji ekstremalnej, gdy  $EY = (DGT + DGT)/2 \pm 1,5\sigma$ . Ta oczekiwana liczba braków (wad) nazywana jest wskaźnikiem *DPMO* (*Defects Per Million Opportunities*) i oblicza się ją mnożąc prawdopodobieństwa  $P_b$  lub  $P_{bk}$  przez milion. Wymienione informacje (rozproszone dotąd w wyjaśnieniach pod rys. 2–9) zaprezentowano w tabeli 1.



Tabela 1

Liczba wad przy wielkości produkcji 1 milion jednostek jako funkcja położenia wartości oczekiwanej zmiennej  $Y$  i przedziału tolerancji

Poziom jakości	$EY = (DGT + GGT)/2$	$EY = (DGT + GGT)/2 \pm 1,5\sigma$
$3\sigma$ ( $C_p = 1$ )	2 700	66 803
$4\sigma$ ( $C_p = 1,33$ )	63	6 200
$5\sigma$ ( $C_p = 1,67$ )	0,57	233
$6\sigma$ ( $C_p = 2$ )	0,002	3,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rao i in. (1996).

Z tabeli 1 widać, że przedziały dopuszczalnych wartości wskaźnika  $DPMO$  dla każdej pary sąsiadujących poziomów jakości są nierozłączne, np. przedział wartości  $DPMO$  od 63 do 6200 dla poziomu  $4\sigma$  nie jest rozłączny z przedziałem od 0,57 do 233 dla poziomu  $5\sigma$ . Nierozłączność ta oznacza, że rozwiązanie problemu określania poziomu jakości w rozpowszechnionej dziś praktyce budzi zastrzeżenia ze względu na braku jednoznaczności. Spośród wielu nasuwających się tu możliwości eliminacji niedostatków stosowanej dotąd procedury — można zaproponować dwa następujące rozwiązania:

- A. Należy stosować wyłącznie skorygowany indeks zdolności procesu  $C_{pk}$  i przyjąć następującą konwencję oceny poziomu jakości produktu za pomocą miary  $C_{pk}$ : jeśli  $1 \leq C_{pk} < 1,33$ , to jakość znajduje się na poziomie  $3\sigma$ ; jeśli  $1,33 \leq C_{pk} < 1,67$ , to mamy do czynienia z jakością na poziomie  $4\sigma$ ; jeśli  $1,67 \leq C_{pk} < 2$ , to jakość znajduje się na poziomie  $5\sigma$ ; zaś jeśli  $C_{pk} \leq 2$ , to osiągnięto lub przekroczono poziom jakości  $6\sigma$ .
- B. Nie bacząc na wartości  $C_p$  lub  $C_{pk}$  przyjąć, że jakość jest na poziomie  $3\sigma$ , jeśli  $6200 < DPMO \leq 66803$ ; na  $4\sigma$ , jeśli  $233 < DPMO \leq 6200$ ; na  $5\sigma$ , jeśli  $3,4 < DPMO \leq 233$ ; na poziomie  $6\sigma$ , jeśli  $DPMO \leq 3,4$ .

#### 4. SIX SIGMA — SYSTEM METOD I TECHNIK ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ

Termin „sześć sigma”, „6 sigma” lub „six sigma” określający nazwę specyficznego systemu zarządzania jakością pojawia się w krajowych publikacjach, także w tytułach lub podtytułach książek (por. np. Harry, Schroeder (2001); Pande i in. (2003); Thompson i in. (2005)) niemal wyłącznie w wersji „Six Sigma” jako nazwa własna systemu.

Zdolność spełnienia projektowych wymagań odnośnie jakości wyrobu na etapie rzeczywistego procesu jego produkcji, a wyrażona miarami zdolności  $C_p$

lub  $C_{pk}$  zainspirowała autorów programu naprawczego zainicjowanego w roku 1987 w przeżywającej wówczas ostry kryzys finansowo-organizacyjny znanej firmie *Motorola*, do użycia nazwy *Six Sigma* jako określającej adekwatnie zamierzony cel tegoż programu w dziedzinie poprawy jakości. Metody, środki i narzędzia organizacyjno-menedżerskie, techniczne i statystyczne zastosowane w ramach tego programu spowodowały drastyczne obniżenie się odsetka wad i braków w procesach firmy i jej produktach aż do osiągnięcia w roku 1992 najwyższej jakości na docelowym poziomie 6 odchyień standardowych. Efektywność zastosowanego w firmie *Motorola* programu naprawczego skłoniła innych potentatów nowoczesnej technologii, takich jak np. *Boeing* lub *IBM* do włączenia technik zastosowanych w programie *Six Sigma* do systemów metod ciągłego doskonalenia jakości obowiązujących w tych koncernach.

Harry i Schroeder (2001) definiują *Six Sigma* jako proces gospodarczy umożliwiający radykalną poprawę wyników finansowych organizacji dzięki planowaniu i kontrolowaniu przebiegu pracy w sposób, który pozwala zminimalizować zużycie surowców i powstawanie odpadów, a jednocześnie prowadzący do większej satysfakcji klientów.

Pande, Neuman i Cavanagh (2003) określają *Six Sigma* jako kompleksowy i elastyczny system osiągania, utrzymywania i maksymalizowania sukcesu w biznesie, kierowany zrozumieniem potrzeb klientów, zdyscyplinowanym wykorzystaniem faktów, danych i wyników analiz statystycznych, którego podstawą jest zarządzanie, usprawnianie i ciągle tworzenie nowych, coraz doskonalszych rozwiązań w odniesieniu do wszelkich procesów (nie tylko podstawowych, ale również pomocniczych) w organizacji.

W praktyce przedsiębiorstw metoda *Six Sigma* koncentruje się na tzw. strategii przełomu. *Strategia przełomu* w koncepcji *Six Sigma* jest ściśle uporządkowaną metodą rozwiązywania długotrwałych problemów dotyczących nieodpowiedniej jakości. Metoda ta zdefiniowana jest jako ciąg 8 ściśle określonych etapów realizowanych na 3 poziomach: poziomie przedsiębiorstwa, poziomie operacyjnym oraz poziomie procesu. Kolejne etapy strategii przełomu to (por. np. Rao i in. (1996); Thompson i in. (2005)):

1. Rozpoznanie stanu przedsiębiorstwa lub problemów operacyjnych, identyfikacja kluczowych klientów i procesów. Na poziomie procesu etap ten nie występuje.
2. Definiowanie (*Define*) wymagań klientów i wynikających stąd planów poprawy wyników organizacji oraz odpowiadających im projektów *Six Sigma*. Obejmuje ono m.in. zdefiniowanie cech krytycznych dla jakości oraz zdefiniowanie i zatwierdzenie projektu w odpowiednim obszarze.
3. Pomiar (*Measure*) cech krytycznych dla jakości, pomiar procesów, systemów przedsiębiorstwa i efektów realizacji projektów *Six Sigma*.
4. Analizę (*Analyse*) danych przy zastosowaniu metod statystycznych, obejmującą ocenę zmienności procesu, porównanie osiągniętego wyniku w relacji do

zaplanowanego celu oraz analizę sytuacji organizacji w kontekście *benchmarkingu*.

5. Poprawianie (*Improve*), polegające na podjęciu działań zorientowanych na wyeliminowanie ujawnionych problemów. Usprawnianie dotyczy systemu zarządzania organizacją, systemu realizacji projektów *Six Sigma*, a w szczególności eliminacji przyczyn zmienności procesowej.
6. Kontrola (*Control*) skuteczności przyjętych usprawnień dla wyniku finansowego organizacji. W przypadku zadowalającej rentowności zapewnienie stałości zaakceptowanych rozwiązań w sferze systemu zarządzania przedsiębiorstwem oraz systemu realizacji *Six Sigma*, a także miar zdolności i optymalnych wartości parametrów procesów.
7. Standaryzacja najlepszych rozwiązań.
8. Integracja najlepszych rozwiązań z systemem zarządzania jakością, a nawet z procesem planowania strategicznego przedsiębiorstwa.

Pierwsze litery angielskich nazw *define, measure, analyse, improve* i *control* etapów od 2 do 6 tworzą skrót *DMAIC*. Etapy od 2 do 6 strategii przełomu, czyli *metoda DMAIC* — w przeciwieństwie do opcjonalnego charakteru kroków 1, 7 i 8 — stosowana jest w metodologii *Six Sigma* w sposób obligatoryjny niezależnie od tego, czy strategia przełomu realizowana jest na poziomie firmy, na poziomie operacyjnym czy też na poziomie procesu. Centralną rolę i niezbędność metody *DMAIC* dla strategii przełomu określa się też eufemizmem „pięć kroków do sukcesu”.

W literaturze (por. np. Harry i Schroeder (2001); Pande i in. (2003)) poświęconej metodologii *Six Sigma* podkreśla się wartość i efektywność strategii przełomu — zwłaszcza w sferze kondycji finansowej przedsiębiorstwa, jej kultury organizacyjnej oraz obrazu firmy w otoczeniu.

Stwierdzenie Harry'ego i Schroedera (2001), że „firmy wprowadzają *Six Sigma* przede wszystkim po to, by więcej zarobić” jest oczywistym truizmem. Ponieważ pieniądze dostarczane są przedsiębiorstwu głównie przez klienta, to firma wdrażająca system *Six Sigma* — oprócz zorientowania na procesy — powinna zwracać się w kierunku klienta. Dla klienta bardzo często najważniejsza jest praktyczna użyteczność nabywanego produktu lub usługi i dlatego firma powinna dbać o to, by oczekiwania klienta co do użyteczności wyrobu były wszechstronnie spełnione. Z drugiej strony producent dostrzega swoją użyteczność w tym, że jego produkt jest dochodowy. Jednak w przypadku produktów o niskiej jakości traci zarówno firma jak i jej klienci, gdyż każda wada i brak pomniejszają ekonomiczną wartość wyrobu lub usługi dla obydwu stron. Ostatecznie zatem nabywcy skupiają się na jakości wyrobów i usług, a producenci na jakości procesu wytwarzania.

W przeciwieństwie do niektórych innych systemów zarządzania jakością, które koncentrowały się na zaspokajaniu oczekiwań klientów bez względu na ołbrzymie nieraz koszty osiągnięcia tego celu, strategia przełomu *Six Sigma* dopusz-

cza tylko takie metody osiągnięcia satysfakcji klientów, które pozwalają osiągnąć niski poziom zmienności procesów, czyli wysoką jakość wyrobów przy nakładach ograniczonych w sposób umożliwiający organizacji osiągnięcie przewagi konkurencyjnej.

W celu pomyślnej realizacji strategii przełomu, system *Six Sigma* stosuje dyskusyjne rozwiązanie organizacyjne polegające na ściśle określonym podziale ról personelu organizacji. Role te i funkcje wynikają z posiadanej wiedzy poszczególnych pracowników i stanowiska zajmowanego przez nich w hierarchii systemu zarządzania jakością. W *Six Sigma* zastosowano nazewnictwo ról i funkcji pochodzące od stopni stosowanych we wschodnich sztukach walki, gdzie osoby z większym doświadczeniem, wiedzą i osiągnięciami posiadają wyższy status w hierarchii. Poczynając od najwyższego szczebla ról i funkcji stosuje się następujące nazwy: *champions* (czempioni), *master black belts* (mistrzowie czarnego pasa), *black belts* (posiadacze czarnego pasa), *green belts* (posiadacze zielonego pasa) oraz dodatkowo *white belts* (posiadacze białego pasa). Opisane rozwiązanie nosi znamiona działania socjotechnicznego zorientowanego na skłonienie pracowników do bardziej efektywnej i kreatywnej pracy.

## LITERATURA

- Fisz M. (1958), *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna*, PWN, Warszawa.
- Harry M., Schroeder R. (2001), *Six Sigma. Wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- Iwasiewicz A. (1999), *Zarządzanie jakością; podstawowe problemy i metody*, PWN Warszawa-Kraków.
- Pande P.S., Neumann R.P., Cavanagh R.R. (2003), *Six Sigma. Sposób poprawy wyników nie tylko dla firm takich, jak GE czy Motorola*, K.E. Liber, Warszawa.
- Rao A., Cair L.P., Dambolena I., Kopp R.J., Martin J., Rafii F., Schlesinger P.F. (1996), *Total Quality Management: A Cross Functional Perspective*, Wiley, New York.
- Thompson J.R., Koronacki J., Nieckuła J. (2005), *Techniki zarządzania jakością od Shewharta do metody "Six Sigma"*, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa.
- Wawrzynek J. (2001), *Prognozowanie jakości w firmie*, PN AE Wrocław, 919, s. 69–76.