

4. Metody systemowe zarządzania jakością

4.1 Metody statystyczne w zarządzaniu jakością

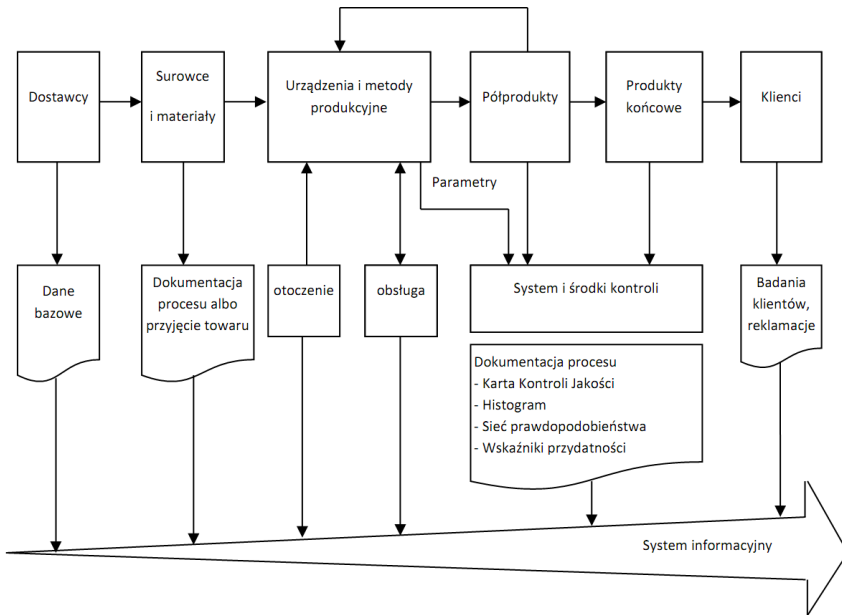
Do podstawowych instrumentów monitorowania procesów wytwórczych należą statystyczne metody zarządzania jakością. Podejmowanie skutecznych działań nie jest możliwe bez posiadania odpowiednich, pełnych informacji, ale również interpretacji uzyskanych wyników. Podstawowe narzędzia statystyczne stosowane powszechnie w praktyce inżynierskiej w zakresie zarządzania jakością omówione w rozdziale 3 niniejszej książki to histogram i karta kontrolna. Zarówno histogram jak i karty kontrolne stosuje się do nadzorowania realizacji procesów wytwórczych.

Metody statystyczne w procesach zarządzania jakością zostały ujęte między innymi w następujących normach:

- PN ISO 3534-2:1994 – jest w całości poświęcona problemom sterowania jakością,
- PN ISO 2859-0:2002 – procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Wprowadzenie do systemu ISO 2859 kontroli wrywkowej metodą alternatywną,
- PN ISO 2859-1:1996 – procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Część 1. Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowanej jakości (AQL) stosowane podczas kontroli partia za partią,
- PN ISO 2859-2:1996 – procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Plany badania na podstawie jakości granicznej (LQ) stosowane podczas kontroli partii izolowanych,
- PN ISO 2859-3:1996 – procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Procedury kontroli skokowej,
- PN ISO 2859-4:2005 – procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Procedury oceny deklarowanych poziomów jakości,
- PN ISO 3951:1997 – kontrola wrywkowa procentu jednostek niezgodnych na podstawie liczbowej oceny właściwości; procedury i nomogramy,
- PN ISO 7870:2006 – karty kontrolne. Ogólne wytyczne i wprowadzenie,
- PN ISO 7873:2001 – karty kontrolne wartości średniej z wewnętrznymi granicami kontrolnymi,
- PN ISO 7966:2001 – karty akceptacji procesu,
- PN ISO 8258+AC1:1996 – karty kontrolne Shewharta.

Przedsiębiorstwo dbając o jakość wyrobów projektuje, wdraża i utrzymuje mechanizmy związane ze statystyczną kontrolą procesów stanowiącej ważne ogniwo doskonalenia jakości

zarówno wyrobu jak i procesu. Mechanizm zastosowania metod statystycznych powinien z założenia stanowić rozwiązanie systemowe, które umożliwi w oparciu o uzyskane w procesie produkcyjnym informacje zapobiegnie niezgodnościom, uwzględniając w tym zmienność zarówno wewnętrzną jak i otoczenia – rysunek 25.



Rysunek 25. SPC jako system informacji o procesie produkcyjnym wg E. Dietrich, A. Schulze: *Metody statystyczne w kwalifikacji środków pomiarowych maszyn i procesów produkcyjnych.* Notika System, Warszawa, 2000

Metodą kontroli jakości stosowanej w systemie produkcji rzemieślniczej była kontrola 100%-owa, w której ocenie poddawane są wszystkie wyprodukowane wyroby. Kontrolę tę charakteryzuje czasochłonność i kosztowność, współcześnie stosowana jest wyłącznie w kontroli wyrobów produkowanych jednostkowo lub w małych seriach oraz dla wyrobów o podwyższonych wymaganiach jakościowych, w tym również w tzw. procesach specjalnych.

Doskonalenie oparte jest na analizie i syntezie informacji pochodzącej z wielu obszarów działalności przedsiębiorstw a związanej z kontrolą procesów i wyrobów. Przemysłane i konsekwentne zastosowanie statystycznych metod kontroli jakości stanowi skuteczne narzędzie wspomaganie procesu doskonalenia. Statystyczna kontrola procesów powinna stanowić zaplanowany system w przedsiębiorstwie a nie odnosić się tylko do proceduralnego zastosowania kart kontrolnych i wskaźników zdolności, funkcjonujące w tym zakresie systemowe

rozwiązanie powinno umożliwiać odpowiednie kształtowanie procesu wytwarzania na podstawie podejmowanych decyzji w oparciu o uzyskane wyniki z SPC. Konsekwencją takiego podejścia będzie uzyskanie sterowania procesami. Sterowanie jest możliwe tylko wtedy, gdy w procesie występuje sprzężenie zwrotne – realizowane przez układ regulacyjny, który daje możliwość utrzymania procesu na stałym oczekiwanym poziomie.

Stosowaną w procesach wytwarzania kontrolę jakości, można zdefiniować jako „*zmierzenie, zbadanie, oszacowanie lub sprawdzenie jednej lub kilku właściwości obiektu oraz porównaniu wyników z wymaganiami, w celu stwierdzenia, czy w odniesieniu do każdej z tych właściwości osiągnięto zgodność*”.

Kontrola jakości przybiera odmienne formy na różnych etapach powstawania wyrobu:

- na etapie projektowania – kontrola rozumiana jako weryfikacja, odnosi się do oceny zgodności stanu uzyskanego z wymaganiami sformułowanymi przez użytkowników lub przez samych projektantów,
- na etapie projektowania procesu technologicznego – kontrola polega na sprawdzeniu, czy przyjęte lub posiadane metody i środki produkcji, pozwalają na uzyskanie jakości wykonania zgodnej z jakością projektową,
- na etapie produkcji – kontrola służy do określania zgodności uzyskanej jakości cząstkowej wyrobu lub jego części i podzespołów, z wymaganiami zawartymi w dokumentacji konstrukcyjnej oraz technologicznej.

Szczególne znaczenie kontrola jakości posiada w procesach wytwarzania na dużą skalę – produkcja seryjna czy masowa, wówczas ze względu na wielkość produkcji i koszty związane z kontrolą jakości a w szczególności brakiem uzasadnienia dokonywania kontroli wszystkich wyrobów wprowadza się metody statystyczne, które na podstawie analizy losowej próbki pozwalają wyciągać wnioski dotyczące całej populacji. W kontroli statystycznej populację (partię) wyrobów ocenia się na podstawie pobranej z niej w sposób losowy próbki, tę formę kontroli nazywa się kontrolą wrywkową. Celem próbkowania jest uzyskanie danych na temat całej populacji, przez badanie możliwie najmniejszej liczby jej reprezentantów. Ważną kwestią jest sposób doboru próbki, która musi charakteryzować się wiarygodnością i reprezentatywnością. Kontrolę wrywkową prowadzi się w procesach wytwarzania gdy: badanie pełne jest zbyt kosztowne lub gdy skutkiem badania jest również zniszczenie badanego wyrobu.

Opracowanie procedury próbkowania umożliwia określenie liczności próby, sposobu jej pobierania tak, aby zapewnić ekonomicznie uzasadniony poziom jakości wyrobu. W zależności

od wielkości i częstotliwości pobierania próbek oraz sposobu wykorzystania informacji z kontroli do zwrotnego oddziaływania na proces wytwarzania, kontrola statystyczna może mieć charakter:

- statystycznej kontroli odbiorczej (SKO),
- statystycznego sterowania procesem (SPC).

W badaniach statystycznych mogą być wyznaczane lub szacowane takie wskaźniki, jak:

- średnia próby lub próbki losowej,
- wartość największa i najmniejsza w próbce,
- rozstęp wartości w próbce,
- odchylenie standardowe lub wariancja,
- mediana,
- skośność (asymetria) rozkładu zmiennej losowej,
- kurtosa (skupienie) rozkładu zmiennej losowej,
- frakcje niezgodności (frakcja poza granicami),
- kwantyle, kwartyle, percentyle,
- wskaźniki zdolności jakościowej,
- wartości granic przedziałów ufności dla wybranych wskaźników.

Statystyczna kontrola odbiorcza nie ma bezpośredniego wpływu na jakość produkcji tak jak w przypadku SPC, służy jedynie do stwierdzenia zgodności lub niezgodności z normami technicznymi wyrobów gotowych. W SKO z dostarczonej do kontroli partii wyrobów (lub z bieżącego strumienia wyrobów) jest pobierana losowo próbka o określonej liczebności. Ze względu na sposób oceny, kontrolę dzieli się na:

- kontrolę z oceną alternatywną (liczba jednostek niezgodnych w próbce),
- kontrolę z oceną liczbową (pomiar wartości wybranych cech wyrobu).

SKO pozwala na wykrycie jednostek nie spełniających wymagań, nie daje jednak możliwości prognozowania ich występowania i podjęcia odpowiednich działań. Kontrola typu SKO jest ukierunkowana na wyrób i stanowi podstawę podejmowania decyzji o tym, czy partia wyrobów, z której pobrano próbkę może być przyjęta (przekazana do kolejnych faz procesu produkcyjnego), czy też powinna być odrzucona (partia może być przekwalifikowana do niższej klasy jakości, skierowana do poprawy, brakowana) lub poddana dodatkowej kontroli 100%-owej. Kontrola ta ma charakter bierny, gdyż daje małe możliwości korygowania procesu.

W kontroli odbiorczej stwierdza się czy procent wadliwości jest jeszcze możliwy do przyjęcia dla odbiorcy czy nie. Jest to problem w dużej mierze ekonomiczny i zależy od wielu czynników.

Wadliwość dopuszczalna powinna być określona w warunkach dostawy i odbioru oraz uwzględniona między wytwórcą i odbiorcą. Odbiorca nie musi akceptować wyrobów wadliwych, są one najczęściej wymieniane na dobre, niezależnie czy zostały wykryte w czasie badania, czy też później.

Jakość przedstawionej do odbioru partii wyrobów określa się za pomocą planu badania. Plany badania mogą być jednostopniowe, dwustopniowe lub wielostopniowe. W planach jednostopniowych o decyzji o przyjęciu lub odrzuceniu partii wyrobów decyduje jedna próbka natomiast w planach wielostopniowych pobieranych jest kilka próbek oczywiście o liczności mniejszej niż w przypadku planu badania jednostopniowego. W planach wielostopniowych po pobraniu jednej próby podejmowana jest decyzja o przyjęciu lub odrzuceniu partii bądź o pobraniu następnej próby. Stosowanie planów wielostopniowych jest zalecane, gdy ocena wyrobu jest czasochłonna i związana z przeprowadzeniem badań niszczących.

Pod pojęciem statystycznej kontroli procesu (SPC) rozumie się zespół metod i technik statystycznych mających na celu usprawnienie przebiegu prac przez redukcję występujących odchyleń. Statystyczna kontrola procesu oznacza zapobieganie powstawaniu defektów przez wykrywanie i sygnalizowanie sytuacji, w których proces ma tendencję do wykraczania poza określone, akceptowalne limity, przy jednoczesnym identyfikowaniu powodów ich występowania z uwzględnieniem odchyleń losowych oraz specjalnych. Statystyczny proces kontroli pozwala na minimalizowanie strat dzięki systematycznej identyfikacji i analizie kluczowych procesów oraz bezpośredniej kontroli związanych z nimi podstawowych przyczyn występowania problemów. Statystyczna kontrola procesu uwydatnia potrzebę upowszechniania koncepcji zarządzania przez jakość na wszystkich poziomach organizacji. Techniki statystyczne pozwalają pracownikom odczuć zalety dobrej jakości wykonania określonych zadań dzięki możliwości precyzyjnego monitorowania ich własnej pracy. Zastosowanie metod ilościowych umożliwia ustalenie wspólnego dla klienta, producenta, projektanta oraz służb serwisowych języka gwarantującego minimalizację powstających nieporozumień. W wielu przypadkach statystyczna kontrola procesu staje się niezbędnym elementem zapewniającym klientom właściwy system kontroli procesów i produktów.

Kontrola typu SPC jest ukierunkowana na proces i ma charakter kontroli czynnej, gdy jej wyniki nie są wykorzystywane do oceny wyrobów w kategoriach zgodności z wymaganiami, lecz do rozpoznania, czy na proces nie oddziałują czynniki zakłócające jego przebieg. Narzędziem wykorzystywanym w SPC są karty kontrolne Shewharta, stanowią one ważny element statystycznego sterowania procesem.

Podstawowe zasady Statystycznego Sterowania Procesem dotyczące zastosowania jej w praktyce inżynierskiej wiążą się z kolejnymi etapami jej realizacji:

- określeniu sygnału rozregulowania procesu,
- określeniu przyczyny zaobserwowanego rozregulowania,
- określeniu działań związanych z poprawą jakości procesu.

Idea SPC dotyczy następujących sformułowań:

- każdy proces produkcyjny czy biznesowy ma w swojej naturze zmienność, ta zmienność wynika z wielu czynników na które często mamy ograniczony wpływ;
- SPC jest narzędziem pozwalającym na monitorowanie czy proces jest statystycznie sterowalny (przewidywalny w swoim zachowaniu) oraz na odróżnienie zaburzeń jakie się w nim pojawiają (przyczyn specjalnych) od naturalnej zmienności procesu (przyczyn normalnych);
- SPC kierunkuje kiedy podejmować działania korygujące w danym problemie a kiedy podejmować działania doskonalące.

W związku z tym za główne cele SPC można uznać:

- koncentrowanie się na procesach; wynikiem dobrego procesu będzie zawsze dobry produkt,
- minimalizację zmienności (rozrzutu) procesów,
- nadzorowanie przebiegów procesów produkcyjnych w celu sprawdzenia, czy znajdują się one na ustalonym poziomie dokładności,
- podejmowanie działań korygujących i zapobiegawczych,
- ciągłe doskonalenie jakości procesów,
- sprostanie wymaganiom norm zarządzania jakością,
- stworzenie wiarygodności firmy dla klienta.

Zdaniem E.W. Deminga *„Zmienność jest produktem każdego systemu. Zadaniem menedżerów jest jej analizowanie z użyciem odpowiednich środków, aby odkryć wiadomość, którą zmienność nam komunikuje o tym, jak udoskonalić proces”* – rozumienie i umiejętność zarządzania zmiennością procesów daje przedsiębiorcom szansę na uzyskanie rezultatów na poziomie *Six Sigma*.

Zmienność jest nierozzerwalnie związana z rzeczywistymi systemami i procesami. Wprowadza bardzo ważny ich wymiar, określane jako ryzyko, niepewność, nieprzewidywalność, niesterowalność. Zmienność jest tendencją do tworzenia się różnych rezultatów w określonych warunkach na skutek występowania określonych przyczyn.

W. Shewhart określił dwa typy zmienności:

- Zmienność wynikającą z przyczyn „specjalnych” – powstają sporadycznie i nie można ich precyzyjnie przewidzieć, są specyficznymi, lokalnymi przyczynami. Można je stosunkowo łatwo zidentyfikować i wyeliminować. Z powodu oddziaływania przyczyn specjalnych powstaje około 15% zmienności. Przyczyny te wymagają szybkiej, specyficznej akcji eliminującej źródło. Często mogą być zidentyfikowane i skorygowane przez operatora na stanowisku;
- Zmienność własną (systemową) – wynika z przyczyn „losowych”, zwanych też „ogólnymi”, stale obecnych w procesie. Powodują naturalną zmienność procesu w ramach określonego układu warunków. Są nieodłącznie związane z procesem, nakładają się na siebie powodując ogólną zmienność wyników. Około 85% zmienności procesu wynika zwykle z przyczyn systemowych – zmniejszenie zmienności wymaga zmian w systemie.

Do miar zmienności możemy zaliczyć rozrzut, rozkład (dystrybucję), średnią.

- Parametry rozrzutu (rozproszenia) – najprostszą w zastosowaniu miarą rozrzutu jest rozstęp R , czyli różnica między wartością największą a najmniejszą, jest użyteczną miarą, nie wymagającą wielu obliczeń.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

- Odchylenie standardowe – jest to pierwiastek kwadratowy z wariancji. Stanowi miarę zróżnicowania o mianie zgodnym z mianem badanej cechy, określa przeciętne zróżnicowanie poszczególnych wartości cechy od średniej arytmetycznej.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

gdzie: s – odchylenie standardowe,

n – licznosc próby,

\bar{x} – średnia,

x_i – zaobserwowana wartość.

- Wariancja – informuje o tym, jak duże jest zróżnicowanie wyników w danym zbiorze wyników (zmiennej). Inaczej mówiąc, czy wyniki są bardziej skoncentrowane wokół średniej, czy są małe różnice pomiędzy średnią a poszczególnymi wynikami czy może rozproszenie wyników jest duże, duża jest różnica poszczególnych wyników od średniej. Wzorem jest podniesienie odchylenia standardowego do kwadratu.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

gdzie: s – odchylenie standardowe,

n – całkowita liczba pomiarów,

\bar{x} – średnia,

x_i – zaobserwowana wartość.

- Parametry skupienia (lokalizacji, centralnej tendencji):
 - Mediana – dzieli zbiorowość na dwie równe części, połowa jednostek ma wartości cechy mniejsze lub równe medianie, a połowa wartości cechy równe lub większe od Me ; stąd nazwa wartość środkowa. Gdy występuje parzysta ilość obserwacji mediana jest równa średniej z dwóch wartości środkowych. Stosowana jest w sterowaniu procesami produkcji ze względu na swoje dwie podstawowe zalety:
 1. jest odporna na dane odstające, ponieważ przy jej obliczaniu nie są brane pod uwagę wartości skrajne,
 2. charakteryzuje się prostym sposobem wyznaczania, szczególnie przy niewielkiej liczbie danych.
 Dla rozkładów symetrycznych, takich jak rozkład normalny, średnia oraz wartość modalna i mediana zbiegają się w środku rozkładu.
 - Średnia arytmetyczna – stanowi sumę wszystkich obserwacji w próbie podzielona przez liczbę obserwacji.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

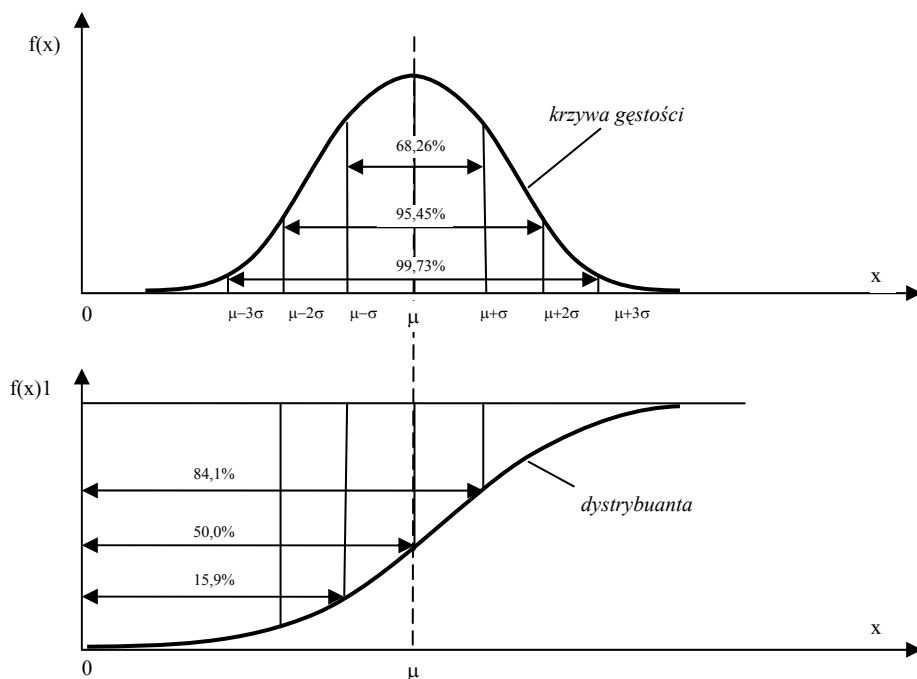
gdzie: n – całkowita liczba pomiarów,

\bar{x} – średnia,

x_i – zaobserwowana wartość,

- Moda (dominanta, wartość modalna) – definiuje się jako wartość najczęściej występująca w próbie. O ile moda jest miarą przydatną w przypadku danych dyskretnych i można ją łatwo uzyskać na podstawie obserwacji, to w przypadku danych ciągłych jest mniej użyteczna. Ma ona również dalsze ograniczenia. W niektórych przypadkach nie można jej określić jednoznacznie (np. gdy występuje kilka węzłów o najwyższej częstości). Może się też okazać myląca dla danych, które są wyraźnie asymetryczne (określane mianem skośnych).

- Rozkład (dystrybucja) – „W naturze (w przyrodzie) większość cech, które chcielibyśmy opisać za pomocą histogramu ma rozkład normalny o ile nie występują jakieś zaburzenia, które zmieniają ten rozkład na inny niż normalny.” W procesach wytwarzania dążymy do stanu w którym rozkład zmiennej badanej cechy zbliżony jest do rozkładu normalnego. Rozkład normalny ma kształt przypominający kontur dzwonu. Dystrybuanta rozkładu normalnego ma kształt S z punktem przegięcia dla wartości oczekiwanej rozkładu – rysunek 26.



Rysunek 26. Krzywa gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego i odpowiadająca jej dystrybuanta

Zastosowanie statystyki w procesach wytwarzania służy odnalezieniu prawidłowości opisujących zjawiska związane z danymi procesami, poprzez zbieranie, prezentację oraz analizę danych liczbowych.

Pod koniec lat 40-tych XX stulecia powszechnie stosowaną miarą poziomu jakości wytwarzanych wyrobów była wadliwość wyrażana procentowo. Akceptowalny poziom jakości dopuszczał 1-2% niezgodności wyrobów. Na początku lat 80-tych XX wieku popularną metodą opisującą jakość wytwarzania była ocena statystyczna (z określonym prawdopodobieństwem)

procentowej zawartości populacji w granicach tolerancji. Kolejno ocena procentowej wadliwości została zastąpiona przez liczbowe wskaźniki zdolności. Rozwiązanie to stosowane jest obecnie w większości procesów produkcyjnych, jako efektywne narzędzie kontroli jakości.

Zdolność procesu określana jest poprzez zmiany spowodowane przyczynami zwykłymi w relacji do granic specyfikacji (tolerancji) ustalonych w wymaganiach.

Ocena zdolności jakościowej procesów związana jest z potrzebą uzyskania informacji ważnej zarówno dla klienta wewnętrznego jak i zewnętrznego dla których ostateczny wynik procesu jest najważniejszy. Sterowanie jakością w procesie wytwarzania z wykorzystaniem kart kontrolnych nie może stanowić jedyne sposobu oceny jakości. Proces wytwórczy nawet jeżeli jest uregulowany, nie musi spełniać wymagań wyznaczonych przez granice tolerancji. Jak również karta kontrolna prowadzona metodą stabilizacyjną nie daje informacji o stopniu spełnienia wymagań określonych granicami tolerancji.

Należy pamiętać, iż klasyczna ocena procedury zdolności procesu wymaga zgodności badanej cechy z rozkładem normalnym. Ocena zdolności jakościowej procesów związana jest z analizą rozproszenia wyników oraz zmianą położenia rozkładu.

W praktyce inżynierskiej w odniesieniu do procesów stosuje się ocenę:

- krótkoterminową zdolność procesu (ang. *short term capabilities*) – P_p, P_{pk} ,
- długoterminową zdolność procesu (ang. *long term capabilities*) – C_p, C_{pk} .

Short term capabilities – P_p, P_{pk}

Określa możliwość procesu ze względu na zmienność niezależną od czasu (obserwowane w obrębie jednorodnej próbki). Próbka o wiele liczniejsza od próbek dla C_p, C_{pk} . Wzory identyczne jak dla C_p, C_{pk} , przy czym o ile dla C_p i C_{pk} odchylenie standardowe najczęściej liczone jest z rozstępu średniego w próbce, to dla P_p i P_{pk} stosuje się odchylenie standardowe dla populacji.

Long term capabilities – C_p, C_{pk}

- wskaźnik zdolności rozrzutu procesu C_p :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{T}{6\sigma}$$

gdzie: USL, LSL – granice tolerancji,

σ – odchylenie standardowe zmienności własnej procesu.

Gdzie USL oznacza górną, LSL dolną granicę specyfikacji (tolerancji T), σ jest odchyleniem standardowym zmienności własnej procesu (zwykle nieznanym i szacowanym na podstawie losowo pobranej próbki, wówczas oznacza się go symbolem s).

Wskaźnik C_p określa jak się ma szerokość pasa tolerancji do szerokości przedziału zmienności własnej procesu i wskazuje na ile dany stabilny proces jest potencjalnie zdolny wykonywać wyspecyfikowane zadanie. Proces jest niezdolny, jeśli $C_p < 1$ jednakże w praktyce produkcyjnej na ogół wymaga się, aby jego wartość była równa co najmniej 1,33 – jest to tzw. zdolność potencjalna, bowiem nie analizuje ona odstępstwa średniej procesu w stosunku do wartości docelowej. Wskaźnik C_p służy do oceny długoterminowej procesu w trakcie realizacji produkcji seryjnej, gdy proces jest ustabilizowany. Na tym etapie stosuje się kartę kontrolną (najczęściej $\bar{x} - R$). Przedstawiony wzór na wartość C_p jest niestety niewystarczający do jednoznacznej oceny procesu. Proces może mieć bowiem „szerokość” mniejszą od przedziału tolerancji (np. $C_p = 2$), ale np. 90% wyrobów niezgodnych, gdy jest przesunięty daleko poza pole tolerancji. Wskaźnik C_p nie reaguje bowiem na przesunięcie procesu.

- wskaźnik wycentrowania procesu C_{pk} :

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \right\}$$

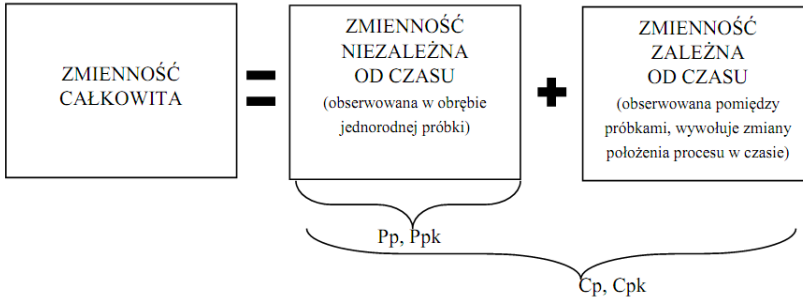
gdzie: \bar{x} – średnia całej populacji,

σ – odchylenie standardowe.

Można zauważyć, że na wykresach rozkładu C_{pk} to stosunek mniejszej z odległości \bar{x} od USL lub LSL do 3 sigma (jeżeli \bar{x} jest „na zewnątrz” granic, to $C_{pk} < 0$).

Wartość wskaźnika C_{pk} musi być większa od 1. Jeżeli $C_{pk} = C_p$, oznacza to, że proces jest wycentrowany, a szerokość przedziału tolerancji jest równa naturalnej tolerancji procesu równej 6σ . Jeżeli natomiast C_{pk} przyjmuje wartość mniejszą od C_p proces nie jest wycentrowany, zaś wartość niewycentrowania zwiększa się wraz z wartością różnicy C_p i C_{pk} .

Dla procesu, którego zdolność potencjalna wynosi 1 oraz jeżeli proces ten jest wycentrowany w polu tolerancji, jego wadliwość wynosi 0,27%. Każde jednak przesunięcie procesu względem środka pola tolerancji powoduje gwałtowny wzrost liczby braków. Nie ma zatem marginesów bezpieczeństwa, pozwalających na sterowanie procesem i reagowanie na jego przesunięcie. Znaczenie wskaźników C_p i P_{pk} w zakresie analizy zmienności prezentuje rysunek 27. Wskaźniki zdolności procesu C_p i C_{pk} oraz P_p i P_{pk} należy rozpatrywać łącznie, gdyż C_p związany jest z przyczynami zwykłymi zmienności a C_{pk} z przyczynami specjalnymi zmienności.



Rysunek 27. Interpretacja zmienności całkowitej

Tablica 9 przedstawia interpretację wartości wskaźników C_p i C_{pk} .

Tablica 9. Przykład oceny procesu na podstawie wskaźników zdolności C_p i C_{pk}

Wskaźnik zdolności	Ocena procesu
$C_{pk} = C_p$	Proces ustawiony dokładnie na środku pola tolerancji.
$C_p < 1 \rightarrow T < 6\sigma$	Proces nie jest zdolny. Konieczne jest doskonalenie procesu lub rozszerzenie tolerancji.
$C_p \approx 1 \rightarrow T \approx 6\sigma$	Proces zdolny. Należy liczyć się z występowaniem jednostek niezgodnych (jeśli $C_p = C_{pk}$, to $p < 0,0027$).
$C_p > 1,33 \rightarrow T > 8\sigma$	Zdolność procesu dobra (jeśli $C_p = C_{pk}$, to $p < 0,00002$).
$C_p > 1,66 \rightarrow T > 10\sigma$	Zdolność procesu bardzo dobra (jeśli $C_p = C_{pk}$, to udział jednostek niezgodnych wyrażony jest w kategoriach „ppm” oznaczającej części na milion).
$C_p \neq C_{pk}$	Proces źle ustawiony. Wymagana korekcja ustawienia.

4.2. Analiza przyczyn i skutków występowania wad

Analiza przyczyn i skutków wad FMEA (ang. *Failure Mode and Effect Analysis*), jest to metoda systematycznej identyfikacji potencjalnych wad wyrobu lub procesu, określenia ich możliwych przyczyn i ryzyka jakie ze sobą dana wada niesie. Na tej podstawie opracowuje się działania mające na celu minimalizację lub eliminację przyczyny powstawania tych wad.

Metodę tę zaczęto stosować w latach 60 XX stulecia w USA przy wyrobach dla astronautyki. Metodą tą weryfikowano projekty różnych elementów statków kosmicznych, by zapewnić bezpieczeństwo uczestnikom wyprawy. Sukces tej metody w NASA spowodował, że znalazła ona zastosowanie w przemyśle lotniczym i jądrowym. W latach siedemdziesiątych

i osiemdziesiątych XX stulecia metoda ta zdomowała się w Europie i znalazła nowe zastosowania w przemyśle chemicznym, elektronicznym, a także samochodowym, gdzie zaobserwowano największą dynamikę zastosowania tej metody. W latach dziewięćdziesiątych została zaadaptowana w ramach norm ISO serii 9000, w szczególności w wymaganiach dla przemysłu samochodowego – specyfikacja techniczna ISO/TS 16949 „Systemy zarządzania jakością. Szczegółowe wymagania dostosowania ISO 9001 w przemyśle motoryzacyjnym w produkcji seryjnej oraz w produkcji części zamiennych”, narzuca dostawcom przemysłu samochodowego zastosowanie tej metody.

Metoda polega na ustalaniu związków przyczynowo-skutkowych powstawania potencjalnych wad produktu oraz uwzględnieniu w analizie czynnika krytyczności (ryzyka). Jej celem jest konsekwentne i systematyczne identyfikowanie potencjalnych wad produktu lub procesu, a następnie ich eliminowanie lub minimalizowanie ryzyka z nimi związanego.

Metoda FMEA umożliwia ciągle doskonalenie wyrobu i procesu, poprzez przeprowadzanie kolejnych analiz a na podstawie uzyskanych wyników wprowadzania działań korygujących, skutecznie eliminujących źródła wad oraz dostarczających nowe pomysły dotyczące doskonalenia wyrobu i procesu. Metodę można wykorzystywać do procesów bardzo złożonych zarówno w produkcji masowej jak i jednostkowej. Analizę możemy przeprowadzić dla całego wyrobu, pojedynczego podzespołu lub elementu konstrukcyjnego wyrobu, a także dla całego procesu technologicznego lub jego dowolnej operacji.

Analiza FMEA jest stosowana w trzech sytuacjach:

- projektowania nowego wyrobu, procesu, technologii,
- modyfikacji istniejącego wyrobu lub procesu,
- wykorzystania istniejącego wyrobu lub zastosowania istniejącego procesu w nowym środowisku, lokalizacji, funkcjonalności.

Można wyróżnić dwa rodzaje analiz FMEA:

Analiza FMEA projektu (ang. *Design FMEA*) jest określana jako D-FMEA. Analiza projektu ma na celu identyfikację potencjalnych wad w projekcie wyrobu jakie mogą wystąpić w trakcie jego użytkowania oraz wpływu tych wad na użytkownika. Analizie może podlegać cały system lub poszczególne elementy systemu (produktu). FMEA projektu powinno być integralną częścią wstępnego etapu projektowania i powinno być regularnie aktualizowane pod kątem zmian w projekcie.

Analiza FMEA procesu (ang. *Process FMEA*) jest określana jako P-FMEA. Analiza procesu ma na celu identyfikację potencjalnych wad jakie mogą wystąpić w wyrobie podczas procesu jego produkcji, a więc należy zwracać szczególną uwagę na technologię wytwarzania. Analizę FMEA procesu stosuje się we wczesnym etapie wdrażania wyrobu do produkcji, aby przewidzieć potencjalne problemy na etapie przygotowania maszyn, szkolenia personelu, przygotowania oprzyrządowania czy metod i procedur pracy. Jeżeli jakiś proces już funkcjonuje bez uprzednio wykonanej analizy FMEA – to nic nie stoi na przeszkodzie, aby taką analizę dla funkcjonującego procesu wykonać.

Tablica 10 prezentuje założenia budowy arkusza FMEA. Tablica 11 zawiera wartości liczb kryterialnych stosowanych w metodzie FMEA.

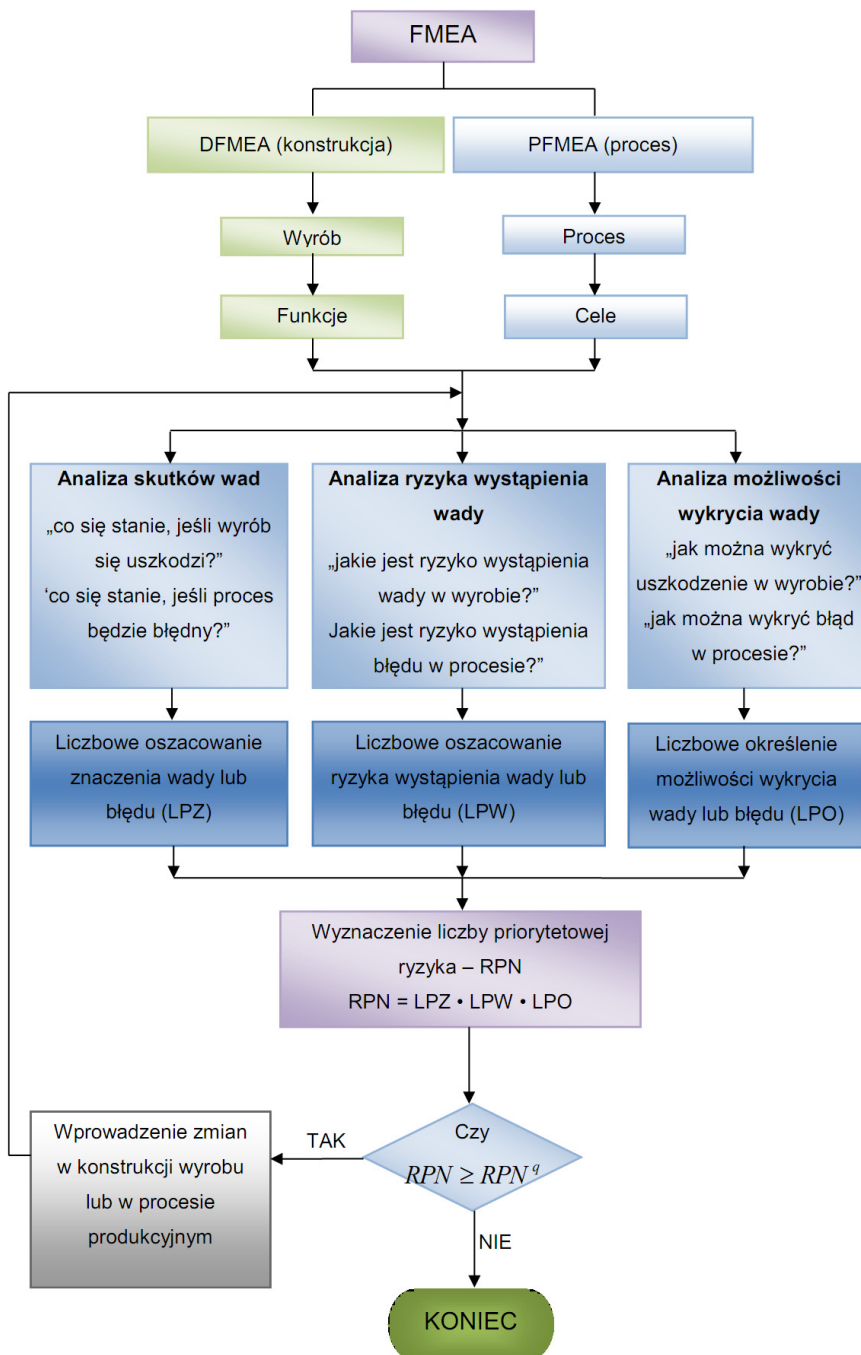
Tablica 10. Przykładowy arkusz FMEA

Rodzaj wad	Skutki wad	Przyczyny wad	STAN AKTUALNY				Działania naprawcze	STAN POPRAWIONY			
			LPZ	LPW	LPO	RPN		LPZ	LPW	LPO	RPN

Tablica 11. Wartości liczb kryterialnych dobieranych w metodzie FMEA

LPZ	Zasadnicze wady (skutek wady)	LPW	Występowanie wady (prawdopodobieństwo występowania wady)	LPO	Wykrywalność wady
10	bardzo duże	10	bardzo wysokie (błąd prawie nieunikniony)	10	niemożliwa
9		9		9	bardzo niska
8	duże	8	wysokie (błędy powtarzające się)	8	niska
7		7		7	
6	umiarkowane	6	umiarkowane (błędy sporadyczne)	6	przeciętna
5		5		5	
4		4		4	wysoka
3	niskie	3	niskie (stosunkowo niewiele błędów)	3	bardzo wysoka
2		2		2	
1	nieznaczące	1	mało prawdopodobne	1	

Rysunek 28 prezentuje algorytm przeprowadzania analizy FMEA.



Rysunek 28. Algorytm metody FMEA konstrukcji i procesu:
 RPN^g – liczba priorytetowa graniczna

W tablicy 12 dokonano porównania zastosowania metody FMEA dla wyrobu i procesu.

Tablica 12. Porównanie metody FMEA dla wyrobu i procesu

	FMEA projektu	FMEA procesu
Zakres podstawowy	<p>Koncepcja, projekt</p> <p>Bada funkcje komponentów, podzespołów lub systemów,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Musi być rozpoczęta przed lub w chwili finalizowania „koncepcji projektowej”. • Zaraz po wprowadzeniu modyfikacji lub gdy uzyskuje się nowe informacje w fazie rozwoju wyrobu, musi być ciągle aktualizowana • Musi być kompletna jeszcze przed rozpowszechnieniem rysunków dla realizacji urządzeń. • Nie może zakładać zaufania do kontroli procesu żeby maskować słabe punkty projektu, ale musi uwzględniać granice techniczne i fizyczne procesu produkcyjnego. 	<p>Proces produkcyjny lub jego etap</p> <p>Bada procesy stosowane do realizacji komponentów, podzespołów lub systemów.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Musi brać pod uwagę wszystkie fazy / operacje procesu zarówno pojedynczych komponentów jaki podzespołów i zespołów. • Nie może polegać na modyfikacjach projektowych w celu zamaskowania słabych stron procesu. • Musi brać pod uwagę charakterystyki projektowe wyrobu wynikające z zakładowego procesu obróbki i montażu. • Musi zapewniać aby wyrób w rozsądnych granicach spełniał wymagania i oczekiwania Klienta.
Rodzaj wyrobu	Produkt materialny lub usługa (np. silnik, druk, szkolenie)	Produkt materialny lub usługa (np. proces produkcji silnika, proces druku, proces świadczenia usługi szkolenia)
Analizowane elementy	Cechy, funkcje, wymagania wyrobu (np. bezpieczeństwo, wytrzymałość, odporność na złe użytkowanie, itp.)	Operacje wchodzące w skład procesu (np. odbiór surowca, odlewanie, frezowanie, itp.)
Zakres dodatkowy	Elementy procesu (uwzględnienie wzajemnych zależności projektu i procesu)	Elementy projektu (uwzględnienie wzajemnych zależności projektu i procesu)
Arkusze jednostkowy	FMEA funkcji	FMEA operacji
Arkusze wynikowy	FMEA wyrobu (założenie arkuszy FMEA poszczególnych funkcji dla wszystkich funkcji określonych dla wyrobu)	FMEA procesu (założenie arkuszy FMEA poszczególnych operacji dla wszystkich operacji procesu dla wyrobu)
Narzędzia pomocnicze	Wykres Ishikawy, Wykres Pareto	

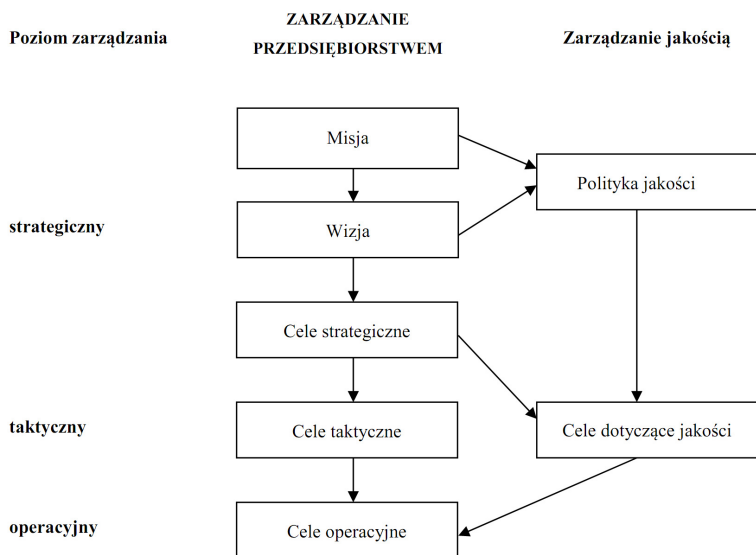
4.3. Systemowe zarządzanie jakością

Zarządzanie systemowe, czyli zarządzanie oparte na wykorzystaniu zasad podejścia systemowego stanowi stosowany od 25 lat sposób zarządzania organizacją. Podstawę wdrażania podejścia systemowego stanowi standard ISO 9001.

Zidentyfikowanie, zrozumienie i zarządzanie wzajemnymi powiązaniem między procesami w przedsiębiorstwie i traktowanie ich jako system przyczynia się do zwiększenia skuteczności i efektywności organizacji w osiągnięciu celów systemu.

W każdej organizacji utrzymuje się pewien system zarządzania, może obejmować on różne systemy zarządzania, takie jak popularny system zarządzania jakością – SZJ, system zarządzania finansami lub system zarządzania środowiskowego.

Podstawą zarządzania systemowego jest zrozumienie i aplikacja mechanizmów zarządzania opartych na pełniejszym zrozumieniu złożoności procesów i rządzących nimi reguł. Podejście systemowe ma ułatwiać proces podejmowania decyzji; związane jest to z szerszym spojrzeniem na wiele problemów, rozpatrywaniem ich jako całość, a nie jako pozornie odosobnione zdarzenia, na wszystkich poziomach zarządzania – rysunek 29.



Rysunek 29. Polityka jakości na tle innych dokumentów wyznaczających strategię działania organizacji wg R. Wolnik, B. Skotnicka „Dokumentacja Systemu zarządzania jakością. Teoria i Praktyka. Część 1”. Wydawnictwo Pol. Śl., Gliwice, 2006

Wdrażanie w praktyce systemów zarządzania wiąże się w znacznej mierze z proceduralnym podejściem do ich wdrażania i funkcjonowania, mimo iż obowiązująca norma ISO 9001:2009 ograniczyła w porównaniu z poprzednią edycją norm ISO serii 9000 liczbę procedur obowiązkowych. Przeświadczenie w zakresie budowy rozwiązań systemowych potwierdzanych w praktyce opracowywaniem dokumentacji systemu powoduje, iż dokumentacja ta posiada istotne znaczenie dla skuteczności funkcjonowania procesów w przedsiębiorstwach.

Z racji kontekstu i układu niniejszej pracy dokumentem ważnym na poziomie taktycznym i operacyjnym rozwiązań systemowych zarządzania w przedsiębiorstwie są procedury. Procedura dotyczy działania lub procesu. Procedura opisuje cele, odpowiedzialność oraz sposób realizacji działań zaplanowanych w systemie zarządzania jakością. Określa działania wydziałów, funkcje osób średniego szczebla zarządzania związanych z realizacją ustalonej polityki jakości i celów jakościowych w organizacji.

W udokumentowanej procedurze powinny zostać zamieszczone następujące informacje:

- cel jaki stawia przed sobą organizacja i zmierza do jego osiągnięcia poprzez wdrożenie procedury;
- przedmiot i zakres stosowania procedury, w którym precyzuje się zakłady, komórki, obszar stosowania dokumentu, jak również proces którego dotyczy;
- odpowiedzialność osób – określenie kto jest odpowiedzialny za realizację czynności składających się na daną procedurę;
- dane wejściowe zawierają niezbędne informacje potrzebne do zrealizowania danej procedury;
- opis postępowania powinien w miarę możliwości ukazywać w układzie chronologicznym etapy realizacji procedury;
- dane wyjściowe określają wszystkie niezbędne informacje, których efektem jest realizowana procedura;
- zostają wymienione zapisy, jakie są utrzymywane w związku z realizacją procedury;
- dokumenty związane – wykaz innych dokumentów bazowych (inne procedury, instrukcje, plany) powiązane z procedurą;
- jeżeli w procedurze występują załączniki są one wymieniane, dotyczy to: tablic, wykresów, kart przepływu i formularzy, które zawierają informacje pomocnicze.

Jeśli w procedurze zawarta jest odpowiednia treść, to może ona odpowiedzieć na następujące pytania: *Co, kto robi?, Po co?, Kiedy?, Gdzie?, Na jakiej podstawie?, Kto za te działania odpowiada?*

Procedury ze względu na swój operacyjny charakter nie są udostępniane na zewnątrz organizacji. Nie jest możliwe określenie, ile procedur systemowych powinno znajdować się w organizacji, ponieważ jest to uzależnione od jej specyfiki, i poddawane jest aktualizacji warunkowanej ciągłym rozwojem organizacji.

Procedura jako dokument powinna być opracowana przez pracowników, którzy pracują według danej procedury. Osoby te są najbardziej kompetentne i opracują procedurę, która będzie obrazem faktycznym jej funkcjonowania w organizacji. Procedury opracowuje się w celu udokumentowania istniejącego sposobu realizacji zadań czy procesów. Powinny opisywać faktyczne stany działania.

Procedury powinny stanowić integralną część z pozostałą dokumentacją stosowaną w przedsiębiorstwie, mając na uwadze jej praktyczne zastosowanie.

Opracowanie dokumentacji w tym procedur traktowane jest jako narzędzie dające możliwość kontroli działań. Procedury służą do monitorowania i kontroli, umożliwiają udokumentowanie zgodności z wymaganiami, pozwalają na usystematyzowanie i ujednoczenie działań organizacji.

Dokumentacja zarządcza w działaniach systemowych dla organizacji przynosi przede wszystkim korzyści związane z ujednoczeniem metod działania pracowników w procesach.

Opracowanie dokumentacji w tym procedur, na właściwym dla pracowników poziomie szczegółowości umożliwia uporządkowanie podziału zadań i ustalenie ich właściwej kolejności, określenie zakresu obowiązków dla każdego pracownika, a dalej kontrolę i optymalizację procesów.

Oddziaływanie funkcjonującego w przedsiębiorstwie systemu zarządzania w tym opartego na wymaganiach standardu ISO 9001 jest bardzo wyraźne nie tylko w skali organizacji w zakresie zarządzania, ale również w odniesieniu do procesu wytwarzania.

Tablica 13 przedstawia różnice dotyczące realizacji procesów wytwarzania w przedsiębiorstwie z wdrożonym systemem zarządzania jakością i bez.

Tablica 14 prezentuje korzyści z wdrożenia podejścia systemowego do zarządzania jakością opartego o wymagania standardu ISO 9001 dla przedsiębiorstw.

O opracowaniu dodatkowych procedur, decyduje samo przedsiębiorstwo, kierując się zasadą *„opracowujemy procedurę (instrukcję), dotyczącą działania wówczas, gdy zgodnie z naszym doświadczeniem możemy stwierdzić, że jej brak może negatywnie wpłynąć na wynik tego działania (procesu)”*. Dodatkową wykładnią są też kwalifikacje pracowników – im wyższe,

tym mniejsza potrzeba formalizacji procedur. Procedury są opisem działania procesów a ich uszczegółowieniem (wprowadzanym w miarę potrzeb) są instrukcje. Zarówno ilość procedur jak i instrukcji zależy od wielkości organizacji, kwalifikacji pracowników i skomplikowania procesów, a także sposobu organizacji danego przedsiębiorstwa. Niemożliwe jest więc efektywne przeniesienie dokumentacji z jednego przedsiębiorstwa do drugiego.

Tablica 13. Charakterystyka realizacji produkcji bez i z wdrożonym SZJ, wg. A. Hamrol

Realizacja produkcji	
bez SZJ	z SZJ
<p>Brak formalnego planowania jakości:</p> <ul style="list-style-type: none"> - praca jest często wykonywana na wyczucie według zasady "tak zazwyczaj było dobrze", - powtarzalne prace nie są wykonywane w sposób jednorodny, - niezgodności są eliminowane – usuwa się tylko skutki, nie badając ich przyczyn, - pracownicy nie znają szczegółowych wymagań i nie są o nich systematycznie informowani. <p>Kontrola jakości jest stosowana głównie w celu wykrycia niezgodności i zakwalifikowania wyrobów jako:</p> <ul style="list-style-type: none"> - brak naprawialny, - brak nienaprawialny, <p>Brak jednoznacznej odpowiedzialności za niezgodności – dlatego ciągle powtarzają się.</p>	<p>Istnieje formalne planowanie jakości:</p> <ul style="list-style-type: none"> - każda praca, która może być wykonana niejednoznacznie, jest opisana w procedurach i instrukcjach, - dokumentacja jest przekazywana na odpowiednie stanowiska pracy – w razie potrzeby jest uaktualniana, - niezgodności są analizowane w celu znalezienia przyczyn ich usunięcia, - stworzone są kanały informacyjne do przesyłania danych o niezgodnościach do wszystkich miejsc, których mogą one dotyczyć, - na każdym stanowisku wymagania są jednoznacznie określone. <p>Kontrola jakości stosowana jest głównie w celu poznania zdolności procesów do wytwarzania wymaganej jakości.</p>

Tablica 14. Korzyści z wdrożenia podejścia systemowego w przedsiębiorstwie, wg. A. Hamrol

Korzyści wewnętrzne	Korzyści zewnętrzne
<ul style="list-style-type: none"> • Uporządkowanie, usystematyzowanie przedsiębiorstwa • Rozpoznanie słabych ogniw, niedoskonałości • Wzrost efektywności • Łatwiejsze wdrażanie nowych pracowników • Usprawnienie obiegu informacji • Zapewnienie terminowej realizacji zadań • Jasny podział kompetencji i odpowiedzialności • Zmniejszenie kosztów złej jakości • Zmniejszenie liczby błędów 	<ul style="list-style-type: none"> • Lepsze postrzeganie przez klientów • Wzrost konkurencyjności • Korzyści marketingowe • Poprawa relacji z dostawcami • Redukcja reklamacji (skarg) • Poprawa wizerunku firmy • Korzyści biznesowe

Procedury są podstawowym dokumentem operacyjnym, określającym jednoznacznie tryb postępowania i warunki nadzorowania realizacji określonego działania lub grupy działań (procesu). Według normy terminologicznej ISO 9000:2006: *Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia*: „*Procedura to ustalony sposób przeprowadzenia działania lub procesu*”. Procedury mogą być udokumentowane lub nie. Jeżeli procedura jest udokumentowana, to często stosuje się termin „procedura pisemna” lub „procedura udokumentowana”.

Zaleca, się aby udokumentowana procedura posiadała następującą strukturę:

- 1) **Tytuł** określający procedurę,
- 2) **Cel** jej stosowania,
- 3) **Zakres obowiązywania** procedury, odnoszący się do obszarów w przedsiębiorstwie,
- 4) **Odpowiedzialność i uprawnienia** w odniesieniu do działań objętych procedurą,
- 5) **Opis przebiegu postępowania**, w zakresie, którego dotyczy procedura,
- 6) **Zapisy** powstające **w wyniku działań** objętych procedurą oraz tam, gdzie ma to zastosowanie – wykorzystywane **formularze**,
- 7) **Załączniki** zawierające informacje pomocnicze dotyczące procedury.

Coraz powszechniejsza jest praktyka opracowywania przebiegu działań w postaci graficznej, która bardziej niż postać „słowna”, sprzyja analizie ich skuteczności, a przez to ułatwia doskonalenie procesów.

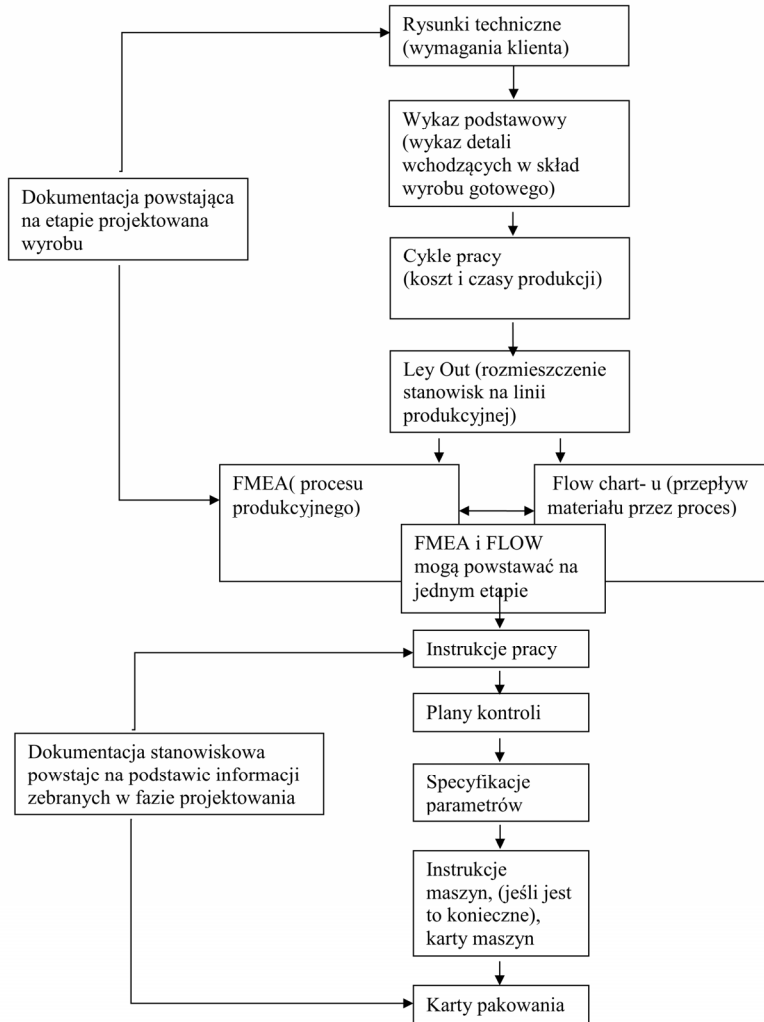
Procedura powinna zawierać, podobnie jak inne dokumenty SZJ, dane dotyczące statusu aktualności (wersja), potwierdzenie jej przeglądu oraz zatwierdzenia.

Rysunek 30 prezentuje proces opracowywania dokumentacji z zakresu zarządzania jakością w procesie wytwarzania.

Zapewnienie jakości w procesie wytwarzania związane jest z wdrażaniem odpowiednich procedur postępowania stanowiących reguły postępowania, mające na celu uzyskanie powtarzalności realizowanych działań i zagwarantowania spełnienia wymagań.

Szczególnym rodzajem dokumentu stosowanym w przedsiębiorstwach jest plan jakości. Plan jakości to „*dokument specyfikujący, które procesy, procedury i związane z nimi zasoby należy zastosować, kto i kiedy ma je realizować w odniesieniu do określonego przedsięwzięcia, produktu, procesu lub umowy*”.

Plan jakości jest dokumentem procesowym opracowywanym w celu określenia powiązań pomiędzy SZJ a produktami czy procesami.



Rysunek 30. Opracowywanie dokumentacji z zakresu zarządzania jakością w procesie wytwarzania

Wytyczne dotyczące: opracowania, przeglądu, akceptacji, stosowania i nowelizacji planów jakości zostały zawarte w normie PN-ISO 10005:2007: *Systemy zarządzania jakością - Wytyczne dotyczące planów jakości*, ma ona zastosowanie niezależnie od tego, czy organizacja posiada czy też nie posiada systemu zarządzania jakością zgodnego z normą ISO 9001.

W przedsiębiorstwach z wdrażanym i funkcjonującym systemem zarządzania jakością jednym z fakultatywnych dokumentów służącym do monitorowania jakości w procesie wytwarzania są opracowywane plany kontroli jakości.

Plan kontroli jakości jest dokumentem regulującym kryteria jakości, sposoby postępowania oraz kolejność działań odnoszących się do danego produktu, procesu, projektu czy umowy. W organizacji plany jakości mogą występować w różnej postaci, charakterze. Są zróżnicowane pod kątem szczegółowości i przedmiotu, którego mają dotyczyć. Mogą być planami realizacji konkretnego kontraktu np. dostawy, wskazujące etapy, terminy, odpowiedzialności czy przewidziane kontrole. Jak również mogą być planami realizacji określonego projektu czy ogólnymi planami kontroli wykonywanymi w organizacji.

Plan jakości to skuteczne narzędzie dla organizacji również w kontaktach z klientami, jest dokumentem które wspomaga przedsiębiorstwo w wykazaniu wiarygodności przedsiębiorstwa. W praktyce inżynierskiej plany kontroli jakości wdrażają przedsiębiorstwa które dążą do doskonalenia systemu zarządzania jakością.

Plany jakości można przygotowywać w różny sposób, jednym z najczęściej stosowanych jest układ chronologiczny:

- co ma być robione,
- jak mają być przeprowadzane działania,
- kto ma przeprowadzić działania,
- wymagane zasoby (np. sprzęt, oprogramowanie).

W planach jakości wykorzystywane są istniejące i funkcjonujące w organizacji procedury i instrukcje w odniesieniu do konkretnych sytuacji. Plany jakości nie mogą dublować istniejących dokumentów w organizacji. Powinny opierać się na powstałej dokumentacji, wykorzystując ją w potrzebnym zakresie. Są pomocne przy współpracy organizacji z klientami w przypadku przedsiębiorstw pracujących na specjalne zamówienie oraz mają szczególne znaczenie podczas współpracy organizacji z odbiorcą produktu wykonywanego na specjalne zamówienie lub współpracy z większą ilością kontrahentów. Dokument ten może zawierać charakterystyczne procedury, instrukcje i zapisy.

Zgodnie z normą PN-ISO 9000:2006: *plan jakości jest to dokument specyfikujący, które procedury i związane z nimi zasoby należy zastosować, kto i kiedy ma je realizować w odniesieniu do określonego przedsięwzięcia, produktu, procesu lub umowy.*

Procedury te (plany jakości) zazwyczaj związane są z procesami zarządzania jakością i procesami realizacji produktu. W normie ISO 9000 podkreśla się, że ustanowienie planu jakości może być częścią planowania jakości, a plan jakości zazwyczaj jest jednym z wyników

planowania jakości. Dla przedsięwzięć podejmowanych w odniesieniu do nowych produktów, usług lub procesów wskazane jest przygotowanie planów jakości w formie pisemnej zgodnie ze wszystkimi innymi wymaganiami systemu zarządzania jakością w przedsiębiorstwie.

Plany jakości powinny określać:

- cele jakości, które mają być osiągnięte,
- szczegółowy podział odpowiedzialności i uprawnień w różnych fazach realizacji przedsięwzięcia,
- szczegółowe procedury, metody i instrukcje robocze, które mają być zastosowane,
- właściwe programy badań, kontroli i audytów stosowanych na poszczególnych etapach,
- metodę dokonywania zmian i modyfikacji planu jakości w trakcie jego realizacji,
- inne niezbędne przedsięwzięcia.

Plan jakości jest zwykle ograniczony do określonego obszaru związanego z produktem, procesem lub projektem.

Plan jakości to fakultatywny dokument, który opisuje w jaki sposób SZJ jest stosowany do określonego produktu, przedsięwzięcia, umowy. Stanowi on przydatne rozwiązanie dla organizacji o mało powtarzalnej produkcji, np. obiektów budowlanych, konstrukcji metalowych, usług inwestycyjnych, projektowych i montażowych, itp. Pozwala także wykazać wiarygodność firmy w przypadkach podejmowania zadań wykraczających poza dotychczasową praktykę i możliwości, a także w przypadku, gdy organizacja nie ma udokumentowanego systemu jakości (ważne w kontaktach z klientami zagranicznymi!). Plan jakości ma podobne zadanie i podobną strukturę jak księga jakości, stanowiąc jej uzupełnienie, w odniesieniu do działań podejmowanych specjalnie dla danego kontaktu. Plany jakości powinny określać cele jakościowe, szczegółowy podział odpowiedzialności i kompetencji, procedury, metody i instrukcje robocze, które mają być zastosowane, właściwe programy badań, kontroli i analiz stosowanych na poszczególnych etapach.

Opracowanie planów jakości należy rozpocząć od identyfikacji potrzeby jego opracowania. Należy określić i przeanalizować jakie mogą wystąpić potrzeby dotyczące planów jakości, a także sprawdzić w jakich sytuacjach będą one użyteczne i niezbędne. Kolejno należy określić zakres planu jakości oraz przeprowadzić analizę danych wejściowych służących jego opracowaniu. Zakres musi być wyraźnie określony i powinien obejmować:

- proste określenia celu i oczekiwanego rezultatu dla określonego procesu, produktu, przedsięwzięcia lub umowy;

- aspekty, do których zakres będzie stosowany, łącznie ze szczególnymi ograniczeniami jego stosowania;
- warunki ważności zakresu (np. wymiary, przedział temperatury, dostępność zasobów lub status certyfikacji systemów zarządzania jakością);

a wyszczególnienie lub opisanie danych wejściowych powinno ułatwić:

- dostęp użytkowników planu do dokumentów wejściowych,
- sprawdzenie spójności planu jakości z dokumentami wejściowymi,
- identyfikowanie zmian do dokumentów wejściowych, które mogą powodować konieczność dokonania przeglądu planu jakości.

Plan jakości powinien precyzować cele jakości dla określonego procesu, produktu, przedsięwzięcia lub umowy a także określać sposób ich osiągania. Zaleca się, aby cele były wyrażone w postaci mierzalnej.

Kolejnymi ważnymi elementami dobrego planu jakości są:

- odpowiedzialność kierownictwa. Plan jakości powinien identyfikować osoby odpowiedzialne w ramach określonego procesu, produktu, przedsięwzięcia lub umowy za:
 - zapewnienie, że działania wymagane przez systemy zarządzania jakością lub umowę są planowane, wdrażane i nadzorowane, a ich postęp jest monitorowany,
 - określenie sekwencji i wzajemnego oddziaływania między procesami stosowanymi w odniesieniu do danego procesu, produktu, przedsięwzięcia lub umowy,
 - przekazywanie wymagań wszystkim komórkom organizacji zaangażowanym w realizację zadania, podwykonawcom i klientom oraz rozwiązywanie problemów pomiędzy nimi,
 - dokonywanie przeglądów wyników audytów,
 - nadzorowanie działań korygujących i zapobiegawczych,
 - dokonywanie przeglądów i zatwierdzanie zmian od planu jakości;
- nadzór nad dokumentami i danymi – plan jakości powinien określać jak będą identyfikowane dokumenty i dane, kto będzie dokonywał ich przeglądów i je zatwierdzał, do kogo będą wysyłane, oraz jak będzie można uzyskać do nich dostęp;
- nadzór nad zapisami – zaleca się, aby plan jakości określał jakie zapisy mają być ustanowione i jak mają być utrzymywane. Do zapisów tych można zaliczyć zapisy dotyczące: przeglądów projektowania, kontroli i badań, pomiarów procesu a także rysunki i sprawozdania ze spotkań. Dodatkowo należy ustalić: czasokres przechowywania zapisów,

sposób ich przechowywania i udostępniania, sposób dostarczania klientowi, język w jakim będą dostarczane;

- komunikacja z klientem – zaleca się określenie w planie jakości: kto jest odpowiedzialny za komunikację z klientem, środki jakie trzeba zastosować do tej komunikacji, jakie zapisy należy prowadzić z tej komunikacji;
- projektowanie i rozwój – zaleca się, aby plan jakości zawierał plan projektowania i rozwoju, a także określał warunki akceptacji, przeglądu, weryfikacji i walidacji danych wejściowych i wyjściowych do projektowania. Mogą tu również znaleźć odzwierciedlenie kodeksy, specyfikacje, normy, wymagania przepisów;
- produkcja i dostarczanie usługi – główną część planu jakości tworzą: proces produkcji i dostarczania usługi oraz powiązany z nim (właściwy) proces monitorowania i pomiarów. Ta część planu produkcji powinna określać dane wejściowe – działania realizacyjne i dane wyjściowe wymagane w celu realizacji produkcji i/lub dostarczania usługi.

Zaleca się aby plan jakości obejmował takie zagadnienia jak:

- etapy procesu,
- procedury i instrukcje pracy,
- narzędzia, techniki, wyposażenie i metody, które powinny być stosowane do osiągnięcia określonych wymagań,
- kryteria jakości produktu lub wykonania usługi,
- szczegóły dotyczące kwalifikacji personelu,
- mające zastosowanie wymagania aktów prawnych i przepisów.

Dodatkowo norma PN-ISO 10005:2007 zaleca, aby plan jakości określał: zasoby (materiał, zasoby ludzkie, infrastruktura i środowisko) oraz wymagania które powinny być spełnione dla określonego procesu, produktu, przedsięwzięcia lub umowy; a także: nadzór nad produktem niezgodnym, monitorowanie i pomiary oraz audyty.

Reasumując – plan jakości powinien powoływać się na procedury i instrukcje Systemu Zarządzania Jakością i definiować które dokumenty procesowe i procedury należy zastosować, kto, kiedy, jak i jakimi zasobami ma je realizować w odniesieniu do określonego produktu lub procesu. Umożliwiać bieżącą kontrolę realizacji zlecenia, przez co zwiększa szanse otrzymania produktu o wymaganej jakości. W szczególności powinien definiować:

- wymagania jakościowe odnoszące się do produktu, a także procesu produkcji,

- dokumenty SZJ odnoszące się do produktu, a także procesu produkcji,
- programy kontroli i badań,
- kolejne etapy procesu,
- odpowiedzialności.

Plany jakości mogą być opracowywane w różnych formatach od formy opisowej do graficznej zarówno w postaci papierowej jak elektronicznej.

4.4. Analiza wartości

Analiza wartości jest metodą techniczno-organizacyjno-ekonomiczną odnoszącą się do badania i oceny wytwarzanego produktu. Jej skuteczność wynika z zastosowanego powiązania ekonomiki produkcji z przyjętymi rozwiązaniami inżynierskimi, pozwalającymi na wskazanie miejsc, przyczyn i skutków zbędnych kosztów w procesie. Stosowane metody analizy wartości służą optymalizowaniu: produktów, procesów, infrastruktury, organizacji mając na celu osiągnięcie pełnej satysfakcji Klienta przy znacznie niższych kosztach.

Pierwsza sformalizowana metoda analizy wartości została opracowana przez L.D. Milesa. Zauważył on, że wraz z poprawą jakości wytwarzanego produktu możliwe jest jednoczesne obniżenie jego kosztu wytworzenia. Metoda ta zapoczątkowała trwający do dziś kierunek działań łączący aspekty techniczne i ekonomiczne w jeden nurt działań zwanych techniczno-ekonomicznym. Metoda opracowana przez L.D. Milesa nazwana *Value Analysis* – Analiza Wartości, przyjęła także nazwę dla doskonalenia istniejących procesów *Value Engineering* – Inżynieria Wartości.

W zamyśle twórcy analizy wartości – L.D. Milesa, strategia tworzenia wartości dodanej w przemysłowych łańcuchach wytwórczych stanowi metodę oceny powiązań: konstrukcji, technologii, organizacji i kosztów prowadząc do opracowania nowych rozwiązań o poziomie jakości odpowiadającej poprzedniemu lub lepszej, ale zdecydowanie przy niższych kosztach. Metoda ta jest systemowa i może być stosowana w fazie tworzenia produktu, dla produktów standardowych, jak i do analizy realizowanych procesów wytwarzania. Zadaniem jej jest ustalenie skali kosztów niepotrzebnych – niedodających wartości. W latach 50 i 60 XX stulecia metoda ta miała zastosowanie szczególnie do programu substytucji materiałów stosowanych w procesach wytwórczych firmy General Electric. Jej zastosowanie w rzeczywistości pozwoliło na sformułowanie wniosku, iż źródłem efektów w poszukiwaniu substytucyjnych

materiałów jest szczególne zwrócenie uwagi na funkcje, jakie muszą spełniać materiały używane do procesów i przeprowadzenie ich dokładnej analizy pod względem technicznym i ekonomicznym. Zadaniem było ustosunkowanie się do obszaru zagadnień techniczno-ekonomicznych w funkcji kosztów i tworzonej wartości użytkowej. Podejście to, realizowane w omawianej metodzie wymaga prowadzenia rachunku kosztów i porównywanie ich dla przyjętych wariantów wytwarzania.

Metoda analizy wartości nie daje wprost odpowiedzi na poszukiwane optimum, jedynie pozwala na zgromadzenie relatywnie dużej liczby wariantów i wybrania z nich najlepszego pod względem przyjętych kryteriów.

Analiza wartości ma za zadanie poprawę jakości i ekonomiczności produkcji, w szczególności w aspektach dotyczących redukcji zbyt wysokich kosztów wytwarzania, a zarazem ich wpływu na kształtowanie się cen, dużej wadliwości i niskiej jakości występującej w procesie, nieprawidłowościach występujących w relacjach kooperanckich łańcucha wytwórczego, w tym problemów zakłóceń dostaw.

L.W. Crum analizę wartości określa jako „*planowane postępowanie zmierzające do osiągnięcia niezbędnej funkcjonalności produktu, przy najniższych kosztach, bez obniżenia poziomu jakości, niezawodności oraz bez pogorszenia warunków eksploatacji i dostawy*”. Podkreśla przy tym możliwość uzyskania tą drogą obniżki kosztów materiałochłonności o 60-80%, a w kwestiach pracochłonności i poprawy jakości rzędu do 50%. Stosowanie metody analizy wartości daje w praktyce nie tylko ogromne korzyści w postaci obniżki kosztów wytwarzania, ale również w postaci wzrostu funkcjonalności, niezawodności czy ekonomiczności. W innych dostępnych badaniach podkreślano uzyskane za pomocą analizy wartości także kompresję czasu produkcji.

Metoda analizy wartości wykorzystywana była również w kierunku naprawy systemów organizacyjnych i konstrukcji produktu. Metoda ta ujmowała już wtedy działania mające na celu „ograniczenie do minimum straty czasu i osiągnięcie w sposób najprostszy, najpełniejszego wykonania zadania”.

Obszary zastosowań metod analizy wartości ujmuje się w działaniach mających na celu poprawę wyników techniczno-ekonomicznych przedsiębiorstw określonych celami:

- poprawy jakości,
- obniżenia materiałochłonności,
- obniżenia pracochłonności,

- podniesienia wydajności,
- obniżenia kosztów.

Pod koniec ubiegłego stulecia można zaobserwować wzmożone zainteresowanie chęcią prowadzenia Analizy Wartości Dodanej (ang. *Economic Value Added Analysis* – EVA), która ma służyć do mierzenia i diagnozowania wydajności wszystkich czynników produkcji. W zamyśle przeprowadzania analizy – EVA znajdują się, co należy tu podkreślić, konsekwentne zarządzanie: technologią, kapitałem, czasem i wiedzą – innowacyjnością.

Omawiając procesy w przedsiębiorstwie, należy pamiętać o ich podziale na te, które tworzą wartość dodaną, oraz na te, które nie dodają wartości w procesie głównym. Model M. Portera wskazuje na wyodrębnienie w procesie wytwórczym działań przeprowadzonych przez przedsiębiorstwo, które mają za zadanie generowanie wartości tak, aby w pełni ocenić wartość wytworzoną przez organizację. Generowanie wartości powinno stanowić źródło przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwo winno dokonywać diagnozy działań nieprzynoszących wartości w realizowanych procesach, przez co wdraża również strategię ich doskonalenia. Nie wszystkie operacje, zabiegi czy czynności występujące w procesie wytwórczym tworzą wartość. Można wprowadzić podział zadań, które będą bezpośrednio lub pośrednio tworzyły wartość oraz te operacje, zadania, które nie tworzą wartości (tablica 15).

Przykładowa (nie pełna) struktura procesu wytwórczego przedstawiona jest w tablicy 16. Posłuży ona do przedstawienia wyników analizy wartości.

Tablica 15. Podział operacji pod względem charakterystyki tworzenia wartości w procesie

Operacja	Charakterystyka
Bezpośrednio tworzące wartość (ang. <i>real-value-added</i> , RVA)	Operacje, za które Klient skłonny jest zapłacić – przyczyniają się one do zaspokojenia jego potrzeb
Pośrednio tworzące wartość (ang. <i>business-value-added</i> , BVA)	Operacje, które Klient akceptuje pod warunkiem, że są one niezbędne do wytworzenia danego dobra i bezpośrednio lub pośrednio wpływają na tworzoną jakość produktu
Nie tworzące wartości (ang. <i>no-value-added</i> , NVA)	Operacje, które nie są do zaakceptowania z punktu widzenia Klienta, gdyż nie wpływają na podwyższenie wartości danego produktu

Tablica 16. Struktura procesu wytwórczego

Lp.	Nazwa operacji	Czas operacji, h	Koszt operacji, PLN
1	Zakup materiału	–	4,41
2	Magazynowanie	0,150	10,80
3	Kontrola odbiorcza	0,010	0,72
4	Czyszczenie odkuwki	0,100	7,20
5	Transport	0,200	1,44
6	Wiercenie i rozwiercanie	0,110	10,80
7	Transport	0,010	0,82
8	Toczenie	0,260	18,72
9	Transport	0,010	0,72
10	Toczenie	0,540	38,88
11	Roztaczanie	0,120	8,64

Proces wytwórczy wiąże się z planowaniem operacji, sterowaniem ilością i jakością wytwarzania. Proces wytwórczy, jak w przykładzie z tablicy 16, charakteryzuje się operacjami tworzącymi wyrób tzw. głównymi (toczenie, wiercenie), ale także operacjami niedodającymi wartości (magazynowanie, transport wewnętrzny). Dla powyższej struktury procesu wykonano analizę wartości, jej wynikiem jest prezentacja graficzna wartości V – rysunek 31, uzyskana w zastosowanej aplikacji komputerowej służącej do analizy wartości procesów wytwórczych.

W zakresie określenia kosztów produkcji współcześnie realizuje się dwa podejścia:

- za pomocą wskaźników: roboczo-godziny lub roboczo-maszyny,
- za pomocą dokładnego określania wartości kosztów poszczególnych operacji, np. metoda ABC.

Wartość dodaną (wskaźnik V) w przyjętym rozwiązaniu zastosowanej aplikacji komputerowej – określa się jako iloraz kosztu operacji do wartości produktu, za którą przyjęto cenę produktu:

$$V = K/\text{cena produktu}, \%$$

gdzie: V – wartość,

K – koszt operacji dodających wartość produktowi finalnemu.

Równie ważnym jak określenie wskaźnika V jest określenie efektywności kosztowej E_k oraz efektywności czasowej E_h dla procesów wytwórczych:

$$E_k = (k_c - k_n) \cdot 100\% / k_c, \%$$

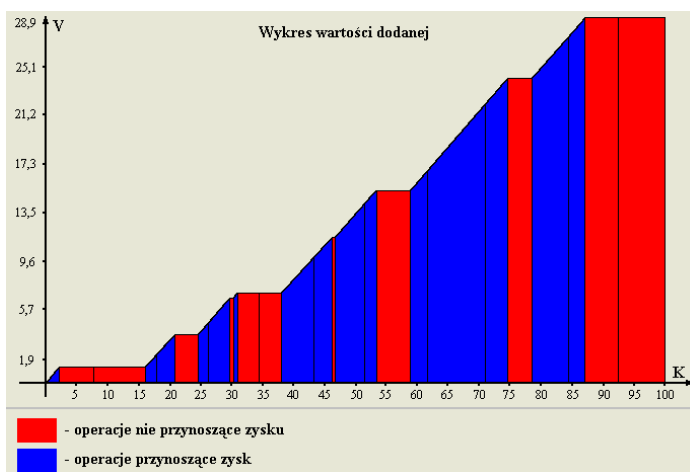
gdzie: k_c – koszt całkowity,

k_n – koszt nieefektywny, który stanowi sumę kosztów operacji nieprzynoszących wartości produktowi finalnemu.

$$E_h = (h_c - h_n) \cdot 100\% / h_c, \%$$

gdzie: h_c – czas całkowity,

h_n – czas nieefektywny, który stanowi sumę czasów operacji nieprzynoszących wartości produktowi finalnemu.



Rysunek 31. Graficzne przedstawienie wyniku analizy wartości dodanej (opracowanie własne)

Analiza wartości pozwala ocenić poziom wartości generowany przez badany proces dla Klienta, i tak dla analizowanego procesu (rys. 31) wynosi on 28,9%. Uzyskana wartość wskaźnika V dla analizowanego procesu wskazują, iż z punktu widzenia Klienta zakup produktu pochodzącego z tego procesu związany jest z poniesieniem kosztów na jego zakup w skład których wchodzi wysoki udział kosztów związanych z operacjami niedodającymi wartości.

Analiza wartości przynosi znaczące informacje do przedsiębiorstwa gdyż pozwala oceniać i na tej podstawie planować rozwój w zakresie technologii, mając na uwadze kształtowanie efektywności kosztowej i czasowej realizowanych procesów wytwórczych.