

Metoda FMEA w teorii i praktyce zarządzania jakością

Failure Mode and Effects Analysis in theory and practice of quality management

Kamila Kowalik¹

¹ Członek Koła Naukowego „Promotor Jakości”, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19B, 42-200 Częstochowa, Polska, kamilakowalik93@gmail.com

Abstract: The objective of the article is to present the practical application of the failure mode and effects analysis in quality management for chosen production process. The first part of the analysis contains the theoretical framework of management, quality, quality management and characteristic of the FMEA method: history, aims, usefulness of application, course, and advantages. Afterwards, the FMEA method's practical application in analysis of the chosen problem: causes of low quality of milk chocolate has been presented.

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie praktycznego zastosowania metody FMEA w zarządzaniu jakością wybranego procesu produkcyjnego. Pierwsza część opracowania zawiera definicję zarządzania oraz historię jakości i zarządzania jakością, a także charakterystykę metody FMEA: historię, cele, przydatność stosowania, przebieg oraz zalety wykorzystania. Następnie, przedstawione zostało praktyczne zastosowanie metody FMEA w analizie wybranego problemu: przyczyn niskiej jakości produktu – czekolady mlecznej.

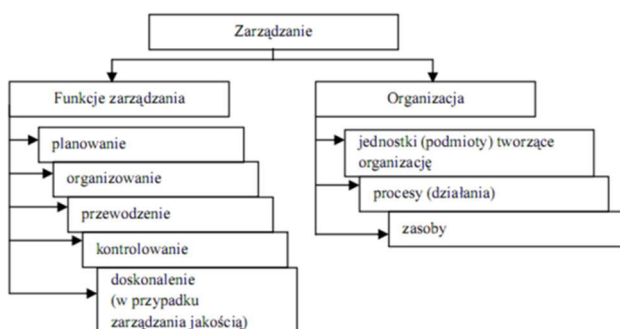
Key words: FMEA, production process, quality, quality management

Słowa kluczowe: FMEA, jakość, proces produkcyjny, zarządzanie jakością

1. Wprowadzenie

Zarządzanie zdefiniować można jako zestaw działań, wśród których wyróżnia się planowanie, organizowanie, przewodzenie, kontrolę oraz motywowanie, oddziałujących na zasoby rzeczowe, ludzkie, finansowe i informacyjne w celu zapewnienia efektywnego funkcjonowania organizacji (Kowalik i Klimecka-Tatar, 2018).

Zarządzanie to zagadnienie wielopłaszczyznowe (rys. 1), charakterystyczne dla przedsiębiorstwa, w którym kadra oddziałuje na zasoby (ludzkie, rzeczowe, finansowe i informacyjne) podejmując działania niezbędne do realizacji określonych celów (Frąs i wsp., 2006).



Rys. 1. Wielopłaszczyznowość zarządzania

Koncepcja zarządzania jakością rozwijała się na przestrzeni lat (rys. 2). Literatura przedmiotu pierwszą definicję jakości przypisuje Platonowi, który około V wieku p.n.e. dostrzegł problematykę pomiaru zjawisk, wskazując potrzebę identyfikacji kryteriów wymiernych i niewymiernych, co przełożyło się na określenie jakości mianem „pewnego stopnia doskonałości”. Współczesne słowo „jakość” wywodzi się z przełożenia przez Cyserona greckiego sformułowania na łacinę i powstania słowa „qualitas” (Ożarek, 2004).

Wyszczególnienie	1945-49	1949-51	1951-1965	1968-1980	od 1980
Pojęcie jakości	Zgodność z technicznymi normami i standardami	Zgodność z technicznymi normami i standardami	Użyteczność	Zgodność z wymaganiami klienta	Osiąganie w maksymalnym stopniu oczekiwań klienta
System zarządzania jakością	Inspekcja jakości	Statystyczna kontrola jakości	Zorientowane na system zapewnienia jakości	Obejmujące całe przedsiębiorstwo kontrole jakości	Całościowe zarządzanie jakością (TQM)
Parametr systemu zarządzania jakością	Produkt końcowy	Produkt końcowy	Proces produkcyjny	Potrzeby konsumenta	Oczekiwania konsumenta
Instrument zarządzania jakością	Standaryzacja	Metody statystyczne	Analiza procesowa	Poszukiwanie zasadniczych elementów jakościowych	Ciągłe ulepszenie
Perspektywa jakości	Zorientowana na producenta (wewnętrzna)	Zorientowana na producenta (wewnętrzna)	Zorientowana na klienta (zewnętrzna)	Zorientowana na producenta i klienta (wewnętrzna i zewnętrzna)	Zorientowana na producenta – usługodawcę – klienta oraz na konkurencję

Rys. 2. Ewolucja jakości (na podstawie: Ejdyś i wsp., 2012)

- Aktualnie jakość zdefiniować można jako:
- ogół charakterystyk produktu,
 - stopień zaspokojenia potrzeb nabywcy,
 - dopasowanie produktu do wymagań rynku poprzez relację kosztów do niezawodności.

Pojmowanie roli zarządzania jakością w organizacji ewoluowało szczególnie intensywnie w XX wieku. Ewolucja ta została rozpoczęta przez wprowadzenie inspekcji jakości, polegającej na kontroli jakości wyrobów gotowych przeprowadzanych przez wyszkolonych instruktorów. Rozwój kontroli jakości przypisuje się W. Shewhart'owi, który w 1924 roku wprowadził karty kontrolne, inicjujące prowadzenie kontroli jakości już w trakcie procesu produkcyjnego przez wszystkich pracowników przedsiębiorstwa. W połowie XX wieku, rozpoczęto modyfikacje metod kontroli jakości, następnie włączono w ten proces planowanie i regulację oraz symulację jakości. Działania te stanowiły fundament powstałej w latach 80. koncepcji zarządzania jakością, która obejmuje obecnie planowanie, zapewnienie, sterowanie i doskonalenie jakości stanowiąc filozofię funkcjonowania przedsiębiorstwa i narzędzie walki konkurencyjnej (Ejdys i wsp., 2012).

2. Metoda FMEA jako narzędzie zarządzania jakością

Metoda FMEA, czyli Failure Mode and Effect Analysis polega na analizie związków przyczynowo- skutkowych powstawania potencjalnych wad wyrobu wraz z uwzględnieniem czynnika ryzyka (Krzemień i Wolniak, 2002).

Znana jest od lat 50., kiedy to znalazła zastosowanie w Japonii i Stanach Zjednoczonych dla potrzeb wojska, lotnictwa i astronautyki. W europejskim przemyśle elektronicznym stosowana jest od lat 70., a w motoryzacyjnym- od lat 80 (Hamrol, 2005)

Celem metody FMEA jest systematyczna identyfikacja wad i ich eliminacja lub minimalizacja ryzyka ich wystąpienia oraz wzrost wykrywalności niezgodności w trakcie trwania procesu produkcyjnego, co przekłada się na obniżenie kosztów, wzrost poziomu jakości oraz wzrost zadowolenia klientów. FMEA jako narzędzie zarządzania jakością służy do poszukiwania słabych jakościowo punktów wyrobu lub procesu, identyfikacji problemów, eliminacji błędów, zapobiegania wadom oraz planowania kontroli.

W literaturze wyróżnia się poza FMEA wyrobu oraz FMEA procesu (PFMEA), także SFMEA (systemu), MFMEA (maszyny), EFMEA (środowiska) oraz kilka innych odmian.

Metoda FMEA jest skuteczna w doskonaleniu produktu ponieważ regularna analiza potencjalnych wad umożliwia wprowadzenie nowych rozwiązań, które nie tylko pomogą wyeliminować problem, ale również mogą zainicjować powstanie pomysłów ulepszących dany wyrób (Janisz i Mikulec, 2017)

Przedsiębiorstwa decydują się na zastosowanie metody FMEA z powodu:

- dążenia do zaspokojenia potrzeb klientów,
- dużej złożoności wyrobów,
- obniżenia kosztów,
- produkcji zgodnie z przepisami.

Zastosowanie metody FMEA opiera się o szereg następujących etapów (Rychły-Lipińska, 2007):

1. Powołanie zespołu: 4-8 osób wraz z przewodnikiem i (ewentualnie) ekspertem;
2. Identyfikacja elementów składowych produktu/procesu;
3. Opracowanie listy możliwych błędów;
4. Wskazanie ewentualnych skutków opracowanych błędów;
5. Wypunktowanie możliwych przyczyn opracowanych błędów;

6. Oszacowanie liczby P, czyli prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych błędów zgodnie z tabelą 1 (Uwaga! Szacowanie wskaźników powinno opierać się o raporty, wiedzę, doświadczenia).

Tabela 1. Liczba P – prawdopodobieństwo wystąpienia

Ocena	Kryterium
1	> 1 / 20 000 - uszkodzenie nieprawdopodobne
2	1 / 20 000 – bardzo niewiele uszkodzeń
3	1 / 4 000 – niewiele uszkodzeń
4	1 / 1 000 – bardzo mało uszkodzeń
5	1 / 400 – mało uszkodzeń
6	1 / 80 – znaczna ilość uszkodzeń
7	1 / 40 – bardzo znaczna ilość uszkodzeń
8	1 / 20 – powtarzalne uszkodzenia
9	1 / 8 – uszkodzenia prawie nieuniknione
10	1 / 2 – uszkodzenie nieuniknione

7. Oszacowanie liczby T – trudności wykrycia poszczególnych błędów na podstawie tabeli 2.

Tabela 2. Liczba T – trudność wykrycia

Ocena	Kryterium
1,2	wada na pewno zostanie wykryta
3,4	są duże szanse wykrycia wady
5,6	wada może zostać wykryta
7,8	są małe szanse wykrycia wady
9	wada prawie na pewno nie zostanie wykryta
10	wada na pewno nie zostanie wykryta

8. Oszacowanie liczby Z – znaczenia dla klienta poszczególnych błędów na podstawie tabeli 3.

Tabela 3. Liczba Z – znaczenie dla klienta

Ocena	Kryterium
1	klient nie dostrzega wady
2,3	lekkie niezadowolenie klienta
4,5,6	klient niezadowolony
7,8	wysoki stopień niezadowolenia klienta
9,10	wada zagraża bezpieczeństwu/ narusza przepisy

9. Obliczenie wskaźnika RPN (*risk priority number*) ze wzoru:

$$RPN = P \times T \times Z \quad (1)$$

10. Interpretacja wyników – liczba RPN dla skali ocen 1-10 będzie mieścić się w przedziale 1-1000. Należy przyjąć wynik graniczny, powyżej którego będą wprowadzane działania korygujące (najczęściej jest to 100). Następnie odbywa się wypunktowanie błędów wymagających podjęcia działań.

11. Opracowanie działań korygujących dla wskazanych błędów (może odbywać się z wykorzystaniem innych metod i narzędzi zarządzania jakością).

Wśród zalet stosowania metody FMEA wyróżnia się (Wyřębek, 2012):

- poprawę jakości,
- obniżenie kosztów,
- wzrost efektywności,
- pracę zespołową,
- wzrost poziomu wiedzy,
- poprawę przepływu informacji,
- lepsze spełnianie wymagań klientów.

3. Metoda FMEA – praktyczne zastosowanie

Praktycznemu zastosowaniu metody FMEA zostanie poddany produkt gotowy- czekolada mleczna.

Proces wytwarzania tego produktu podzielić można na trzy podstawowe etapy: otrzymywanie miazgi, wytworzenie masy oraz formowanie wyrobu gotowego. Bardziej uszczegółowiony podział obejmuje: magazynowanie surowców w silosach, transport ziarna, oczyszczanie, sortowanie i prażenie ziarna, śrutowanie, odfuszczenie, odkiełkowanie i mielenie śruty, tłoczenie miazgi, mieszanie miazgi z dodatkami, mielenie, walcowanie, konszowanie i temperowanie masy oraz formowanie i pakowanie czekolady, zakończone magazynowaniem w temperaturze 5, a następnie 15 stopni Celsjusza. Otrzymywana w ten sposób tabliczka czekolady mlecznej zawiera około 25% masy kakaowej oraz 15% masy mlecznej. Na 100 gramów produktu przypada 500 kcal, na które składa się 60 gramów węglowodanów, 30 gramów tłuszczów i 10 gramów białka. Wyniki analizy FMEA zostały zawarte w tabeli 4. Z tabeli wynika, iż najwyższa wartość RPN została osiągnięta dla wady „biały nalot”. Wynik na poziomie RPN=343 oznacza, iż działania korygujące, które powinny być wprowadzone priorytetowo to: kontrola magazynowania, kontrola transportu, kontrola przed rozpoczęciem produkcji lub zmiana dostawcy ziarna. Wskaźnik RPN dla pozostałych wad jest niższy niż 100, co oznacza iż wprowadzenie działań naprawczych jest niekonieczne lub może zostać odłożone w czasie.

9. Podsumowanie

Podsumowując, metoda FMEA znajduje szerokie zastosowanie w zarządzaniu jakością. Może być wykorzystana zarówno do doskonalenia produktów, jak i procesów oraz innych obszarów działalności przedsiębiorstw.

Wymagająca pracy zespołowej, zwiększająca świadomość i wiedzę oraz poprawiająca efektywność funkcjonowania, metoda FMEA stosowana zarówno w połączeniu z innymi metodami lub narzędziami zarządzania jakością, jak i samodzielnie, zaliczana jest do podstawowych i nieodłącznych aspektów zarządzania jakością współczesnego przedsiębiorstwa produkcyjnego.

Tabela 4. Analiza FMEA

Wada	Skutki	Przyczyny	RPN			Działania naprawcze	
			P	T	Z		
biały nalot	niezadowolenie klienta – brak pewności o świeżości produktu	- nieprawidłowe warunki przechowywania - nieodpowiednie warunki w czasie transportu - niska jakość ziarna	7	7	7	343	-kontrola magazynowania - kontrola transportu - kontrola przed rozpoczęciem produkcji - zmiana dostawcy ziarna
matowa powierzchnia	niezadowolenie klienta – z powodu wyglądu oraz braku pewności o świeżości produktu	- nieodpowiednia temperatura rozlewania lub zastygania - nieprawidłowości w czasie temperowania	5	5	3	75	- kontrola parametrów rozlewania i temperowania
chropowata powierzchnia	niezadowolenie klienta – z powodu wyglądu oraz braku pewności o świeżości produktu	- nieodpowiednia temperatura rozlewania lub zastygania -nieprawidłowości w czasie konszowania	4	2	4	32	- kontrola parametrów rozlewania i konszowania
pęcherzyki powietrza w produkcie	niezadowolenie klienta – z powodu wyglądu oraz braku pewności o świeżości produktu	- nieodpowiednia temperatura, zbyt wysokie ciśnienie lub końcówka półproduktu w zbiorniku w czasie formowania	5	4	3	60	- kontrola parametrów formowania (temperatury, ciśnienia, ilości półproduktu)
nadlewki w produkcie	niezadowolenie klienta z powodu wyglądu produktu	- nieodpowiednia temperatura, zbyt duża ilość półproduktu lub złe ustawienie wałka w trakcie formowania	2	3	6	36	- kontrola parametrów formowania (temperatury, ustawień maszyny, ilości półproduktu)

Literatura

Ejdys J., Kobylińska U., Lulewicz-Sas A. (2012) Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej. Białystok.

Fraś J., Gołębiowski M., Bielawa A. (2006) Zarządzanie jakością w przedsiębiorstwach. Wyd. Uniwersytetu Szczecińskiego. Szczecin 2006.

Hamrol A. (2005) Zarządzanie jakością z przykładami. Wyd. PWN. Warszawa.

Janisz K., Mikulec A. (2017) Analiza FMEA wybranego procesu logistycznego. Logistyka 6, 1389-1393.

Kowalik K., Klimecka-Tatar D. (2018) Model zarządzania jakością w kontekście satysfakcji klienta. Quality Production Improvement. Bezpieczeństwo, Jakość, Zarządzanie (red.) Ulewicz R., Ingaldi M., Częstochowa.

Krzemień E., Wolniak R. (2002) Wpływ zastosowania metody FMEA na koszty jakości w przedsiębiorstwie. Problemy Jakości 5, 37-41.

Ożarek G. (2004) Korzenie jakości. Problemy Jakości 5, 8-13.

Rychły-Lipińska A. (2007) FMEA- analiza rodzajów błędów oraz ich skutków. Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania 11, 47-59.

Wyřebek H. (2012) Znaczenie metody FMEA w zarządzaniu jakością w przedsiębiorstwach. Zeszyty Naukowe UPH w Siedlcach. Seria Administracja i Zarządzanie 92, 151-165.