

# ZASTOSOWANIE METODY FMEA W OCENIE RYZYKA WDROŻENIA INNOWACJI

Anna LANDWÓJTOWICZ, Ryszard KNOSALA

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono wykorzystanie metody FMEA do oceny ryzyka wdrożenia innowacji. Zaprezentowano podstawowe założenia metody, a także wskazano na jej możliwości wykorzystania do rozwiązań innowacyjnych. Artykuł przedstawia także przykład oceny wybranej innowacji technicznej. Przeanalizowano również możliwości dalszego rozwoju metody w zakresie jej wykorzystania do oceny rozwiązań innowacyjnych.

**Słowa kluczowe:** Metoda FMEA, innowacje, ryzyko, ocena ryzyka.

## 1. Wstęp

Każde nowe rozwiązanie, przed procesem jego wdrożenia, wymaga przeprowadzenia licznych analiz. Działanie to ma na celu wyeliminowanie ewentualnego niepowodzenia nowego produktu na rynku i jest szczególnie ważne w przypadku rozwiązań innowacyjnych.

Innowacje wymagają szczegółowej analizy, głównie z uwagi na wysokie koszty i ryzyko oraz stosunkowo długi czas realizacji. Rozwiązania nowe lub ulepszone (dla danej społeczności) w zakresie zarówno nowych produktów, metod produkcji, zastosowania nowych surowców czy półfabrykatów, a także otwarcia nowego rynku czy wprowadzenia nowej struktury organizacji [1, 2], wymagają niezwykle szczegółowej analizy w zakresie czynników, które mogłyby zakłócić osiągnięcie głównego celu projektu. Działanie to jest szczególnie ważne w przypadku oceny innowacji technicznych, które dotyczą zmian o charakterze technicznym i technologicznym w organizacji [3, 4]. W tym przypadku duże znaczenie ma bowiem rodzaj zastosowanej technologii, która z uwagi na swoje pierwsze zastosowanie może generować wiele nieprzewidzianych zdarzeń, często niepożądanych z punktu widzenia działalności firmy. Analiza przyczyn powstawania tych zdarzeń oraz ich konsekwencji może pomóc w ocenie ryzyka danego projektu, a także w opracowaniu działań korygujących. W omawianym zagadnieniu zastosowanie ma metoda FMEA, która może pomóc menedżerom w podejmowaniu właściwych decyzji [5].

Metoda FMEA jest uniwersalna i może być stosowana do analizy różnych zjawisk i problemów w przedsiębiorstwie. Różnorodność zastosowań metody wskazuje na jej wysoką skuteczność w ocenie danego problemu. FMEA jest metodą często stosowaną w projektowaniu produktu i planowania procesu produkcyjnego. W klasycznym ujęciu metoda ma służyć prawidłowemu zapewnieniu jakości produktów lub procesów poprzez analizę czynników mogących zakłócić ten cel [5, 6, 7, 8].

Uniwersalność metody nie oznacza jednak jej identycznego przebiegu realizacji w analizie wyrobu i procesu. FMEA różni się bowiem obszarem zastosowań, kryteriami i przedmiotem analizy, rodzajem stawianych problemów (pytań), sposobem opisywania wad i skutków. Metoda ta jest szczególnie zalecana np. do oceny procesów trudnych do przewidzenia, na etapie planowania procesów technologicznych, w produkcji

seryjnej (zarówno na etapie jej planowania, jak i samej produkcji) itp. [9]. Zatem wykorzystanie jej do oceny ryzyka projektów innowacyjnych wydaje się być jak najbardziej uzasadnione.

Przeprowadzenie analizy FMEA ma służyć określeniu i ocenie potencjalnych uszkodzeń/wad wyrobu lub niezgodności procesu jego wytwarzania, usługi czy zarządzania, a następnie ustaleniem przyczyn takiego stanu rzeczy. Na jej podstawie opracowane powinny zostać działania zapobiegawcze i korygujące [8]. Przez wadę rozumie się niespełnienie wymagań wyrobu lub procesu, wynikających z podstawowej funkcjonalności (cechy użytkowej) wyrobu lub skuteczności przebiegu procesu. Podstawą metody jest ocena skutku jaki został wywołany w wyniku pojawienia się konkretnej wady. Jej prawidłowe przeprowadzenie związane jest z precyzyjnie określonym celem analizy. Można bowiem przeprowadzić wnioskowanie nakierowane na ocenę jakości wyrobu, bezpieczeństwa pracowników, finansów firmy czy inny aspekt, ważny dla eksperta przeprowadzającego FMEA [10].

W artykule wykorzystano FMEA do analizy innowacji technicznej. Ocenie poddano innowacyjny wyrób w postaci armatury o zwiększonym współczynniku odzyskiwania ciśnienia. Celem analizy było określenie na ile ryzykowne jest, w wyniku realizacji projektu, osiągnięcie celu głównego projektu, czyli *produkcji zaworów o zwiększonym współczynniku odzyskiwania ciśnienia*. Cel ten bezpośrednio wynikał z celu nadrzędnego firmy, czyli *uzyskania warunków przepływu zaworu, określonych przez klienta*. Z uwagi na metodologię badania, szczegółowej analizie poddano wady związane z: gładkością powierzchni, precyzją wykonania kształtów opływowych, pełnotliwością korpusów oraz powtarzalnością wyrobu, jako aspektów wynikających ze specyfiki innowacji. Przez pełnotliwość korpusu rozumie się odpowiedni dobór geometrii obudowy, w zakresie uzyskania pożądanego rozprężenia czynnika na pierwszym stopniu dławienia [4]. Mając na względzie, iż innowacja nie może istnieć samodzielnie (bez przedsiębiorstwa nie byłoby jej praktycznego zastosowania), w ocenie uwzględniono również aspekty związane z ogólną działalnością przedsiębiorstwa. Założeniem niniejszej pracy było wskazanie na najważniejsze elementy dotyczące zastosowania metody FMEA w ocenie innowacji.

## 2. Charakterystyka metody FMEA

FMEA jest metodą analizy potencjalnych rodzajów i skutków uszkodzeń. Jej początki sięgają lat sześćdziesiątych XX wieku, gdy to za jej pomocą określano potencjalne wady oraz przyczyny ich powstania wyrobów stosowanych w: astronautyce, technice jądrowej i w przemyśle lotniczym. Z czasem metoda znalazła zastosowanie również i w innych branżach przemysłu. W metodzie oblicza się wskaźnik ryzyka poprzez iloczyn trzech parametrów: prawdopodobieństwa wystąpienia błędu, jego wykrywalności oraz znaczenia błędu. Zastosowanie ma zatem wzór [5, 6, 8, 9, 11]:

$$R = O \cdot Z \cdot W \quad (1)$$

gdzie:

- R - ogólny wskaźnik poziomu wystąpienia ryzyka,
- O - wykrywalność błędu, uszkodzenia,
- Z - znaczenie błędu, wielkość skutków uszkodzenia, awarii,
- W - prawdopodobieństwo wystąpienia błędu (uszkodzenia, awarii).

Etapy metody FMEA można sprowadzić do 3 kroków związanych z: przygotowaniem, właściwą analizą oraz wprowadzeniem i nadzorowaniem działań zapobiegawczych. W etapie pierwszym następuje szczegółowe określenie celu i przedmiotu analizy oraz zdefiniowanie obszarów, w których należy poszukiwać potencjalnych wad. Następuje tu także wskazanie konkretnych wad [10]. Do sporządzenia zestawienia rozpatrywanych wad można wykorzystać podejście problemowe, gdzie analizie poddawane są tylko te obszary, w których stwierdzono wystąpienie problemów oraz systemowe, gdzie wyrób, konstrukcja lub proces rozpatrywane są całościowo. Podejście to jest trudniejsze w realizacji z uwagi na konieczność określenia powiązań pomiędzy poszczególnymi poziomami analizy (podsystemami), jednocześnie jednak pozwala na uogólnienie analizy.

Etap drugi określany jest mianem właściwej analizy z uwagi na przypisanie wartości do trzech wskaźników: W, O i Z. Na tym etapie ważne jest wyznaczenie relacji: przyczyna → wada/problem → skutek. Dokonanie oceny w tym zakresie stanowi najtrudniejszy fragment analizy [9, 8]. W przypadku ustalania wartości wskaźnika O, który generalnie dotyczy wady, ale możliwe jest też odnoszenie go do przyczyny, należy określić możliwość wykrycia wady/przyczyny danego błędu/uszkodzenia/niezgodności przez przedsiębiorstwo. Samo wykrycie danej wady lub przyczyny kryje się pod wartością wskaźnika W. Przy wyznaczaniu wartości Z należy analizować tylko skutek bez odnoszenia go do przyczyny. W wyniku takiego zawężenia możliwe jest bowiem uniknięcie wartościowania oceny, z uwagi na trudność wykrycia wady, która go spowodowała. Ważne jest także, aby w ramach danej FMEA zachować konsekwencję w odniesieniu do danych parametrów względem wad lub przyczyn [9, 8]. Warto także podkreślić, iż podczas FMEA najistotniejsze jest określenie listy bezpośrednich przyczyn danych wad. Często bowiem w toku identyfikacji wyłaniane są także przyczyny pierwotne, które również są istotne, aczkolwiek ich analiza może spowodować przeoczenia niektórych przyczyn, z uwagi na konieczność analizy wielu związków przyczynowo-skutkowych [10]. Po wyznaczeniu wartości dla poszczególnych wskaźników dokonywana jest ocena ryzyka wg wzoru 1. Zgodnie z przyjętą skalą ocen od 1 do 10 wskaźnik R może przyjmować wartości od 1 do 1000. Na tej podstawie możliwe jest określenie hierarchii potencjalnych przyczyn/wad z uwagi na ich „krytyczność”. Następnie firma powinna określić poziom akceptowanej wartości R w ramach danej przyczyny/wady.

Po dokonanych obliczeniach można przystąpić do etapu trzeciego, który wiąże się z wprowadzeniem i nadzorowaniem działań zapobiegawczych. Działania naprawcze odnoszą się zawsze do konkretnej wady i jej przyczyny. Ich wdrożenie może spowodować zmniejszenie wartości wskaźnika R, co będzie oczywiście korzystne z uwagi na ocenę ryzyka. Należy mieć jednak na względzie fakt, iż ich przeprowadzenie może mieć również swoje odzwierciedlenie w pojawieniu się innych wad, dlatego też należy ciągle monitorować zalecenia korygujące i naprawcze, jakie zostały wyznaczone w ramach przeprowadzenia FMEA [8, 10].

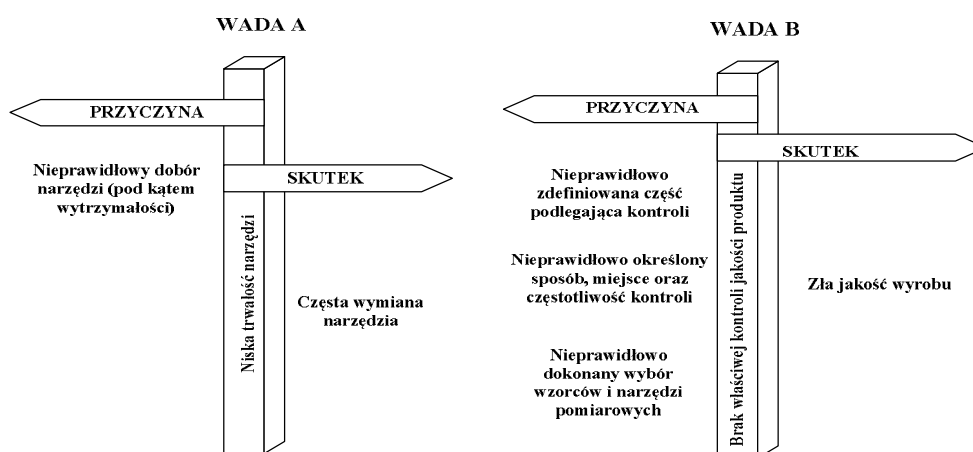
### **3. Założenia oceny ryzyka innowacji technicznej**

Uwzględniając założenia metody FMEA zespół ekspertów przystąpił do określenia wad/problemów jakie mogą wiązać się z innowacją. Przyjęto, iż obszar przeszukiwania wad/problemów dotyczyć będzie takich działań, jak [4]:

- określenie potrzeb odbiorców (OPO),
- sprawdzenie wytycznych i zaleceń norm branżowych (SWIZNB),
- przygotowanie i zaplanowanie procesu produkcyjnego (PIZPP),

- planowanie obsługi sprzedażowej i posprzedażowej (POSIP),
- proces produkcji (PP).

W wyniku sporządzania listy potencjalnych wad/problemów wyodrębniono 37 przyczyn związanych z analizowanymi problemami. Przyczyny te stanowiły w dalszej analizie czynniki ryzyka innowacji. Wśród wad/problemów jakie rozpatrywano, znalazły się między innymi takie zdarzenia, jak [12]: produkt nie jest możliwy do realizacji w sensie spełnia warunków technicznych i ekonomicznych, produkt nie stanowi dla klienta atrakcyjnego rozwiązania, brak zezwolenia na rozpoczęcie produkcji, źle określona charakterystyka złożeniowa produktu, brak koordynacji w przebiegu procesu produkcji, brak precyzji wykonania kształtów opływowych, błędnie sporządzona dokumentacja odbioru, źle dopasowanie elementów wchodzących w skład wyrobu czy niska trwałość narzędzi. Problemy określane były z różnym stopniem szczegółowości. Należy podkreślić, iż etap poszukiwania potencjalnych zagrożeń został przeprowadzony przez ekspertów pochodzących z firmy. Każdy aspekt analizowany był z uwagi na cały proces produkcji, ale z uwzględnieniem cech szczególnych innowacji. Stąd też w ramach analizowanych aspektów znalazły się zarówno zagadnienia ogólne, jak i bardzo szczegółowe, czego eksperci mieli pełną świadomość. Zabieg ten miał pozwolić na dokonanie całościowej oceny ryzyka innowacji. Następnie przystąpiono do wyznaczania relacji: przyczyna → wada/problem → skutek. Przykład takiej relacji przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zależność relacyjna pomiędzy: przyczyną, wadą i skutkiem  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy [12]

Kolejnym krokiem badania było określenie wartości wskaźników: O, Z i W. W tym celu eksperci opracowali niezbędne charakterystyki ocen punktowych. Ogólne wytyczne do przyjmowania wartości wskaźników przedstawiono w tabelach 1-3. W artykule zaprezentowano szczegółowy opis charakterystyki znaczenia wady jedynie dla procesu przygotowania i zaplanowania procesu produkcyjnego oraz dla procesu produkcji, z uwagi na najistotniejszy wpływ czynników ryzyka, wynikających z tych działań, na rozpatrywany rodzaj innowacji. Należy zaznaczyć, iż w przypadku pozostałych działań (określenie potrzeb odbiorców, sprawdzenie wytycznych i zaleceń norm branżowych oraz planowanie obsługi sprzedażowej i posprzedażowej) przedziały ocen i opis znaczenia wady zostały

zachowane zgodnie z zawartością tabeli 1. Zmianie uległy jedynie opisy pomocnicze, co do charakterystyki oraz osób odpowiedzialnych za eliminację zakłócenia.

Tab.1. Wytyczne dla wskaźnika Z

Działanie	Osoba odpowiedzialna	Ocena	Znaczenie wady	Charakterystyka
Przygotowanie i zaplanowanie procesu produkcyjnego	Projektant-Planista	1	Bardzo małe	Zakłócenie nie powoduje żadnych przestoju. Związana jest z nim konieczność drobnej korekty wybranych elementów projektu/parametrów procesy produkcji, bez konieczności zaangażowania kierownictwa projektu.
Proces produkcji	Pracownik produkcyjny	2		
Przygotowanie i zaplanowanie procesu produkcyjnego	Kierownik działu	3	Małe	Zakłócenie powoduje przesunięcie czasowe w planowaniu/produkcji pojedynczego detalu. Występujące opóźnienie nie ma wpływu na cały projekt. Wymaga zaangażowania kierownictwa niższego szczebla. Konieczna jest dodatkowa analiza parametryczna. Zakłócenie nie jest powiązane z wcześniejszym etapem projektu.
Proces produkcji	Brygadzista	4		
Przygotowanie i zaplanowanie procesu produkcyjnego	Kierownik techniczny	5	Przeciętne	Zakłócenie wymusza konieczność wykonania od nowa detalu /rozpoczęcia od nowa etapu planowania. Błąd na tym etapie wiąże się już ze stratami materiałowymi wynikającymi z procesu produkcji/poniesieniem dodatkowych kosztów planowania. Wpływa na przesunięcie czasowe całego projektu.
Proces produkcji	Majster (szef zmiany)	6		
Przygotowanie i zaplanowanie procesu produkcyjnego	Rada kierowników (dział handlowy i techniczny)	7	Duże	Zakłócenie wymusza przeorganizowanie całego procesu planowania produkcji/procesu produkcji. Oznacza konieczność rozpoczęcia od nowa produkcji. Wpływa na wszystkie etapy.
Proces produkcji	Szef produkcji	8		
Przygotowanie i zaplanowanie procesu produkcyjnego	Szef zakładu	9	Bardzo duże	Zakłócenie uniemożliwia całkowitą realizację projektu. W wyniku jego wystąpienia następuje konieczność odrzucenia projektu.
Proces produkcji	Szef zakładu	10		

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy [12; por.: 8, 9, 10, 13, 14]

Następnie określono wartość wskaźnika poziomu ryzyka dla poszczególnych wad/problemów zgodnie ze wzorem 1. Działanie to miało za zadanie wyznaczenie tych wad/problemów, które powinny w pierwszej kolejności podlegać interwencji, z uwagi na minimalizację negatywnych następstw. W tym celu określono tzw. poziom akceptowanego ryzyka, na podstawie którego dokonana została hierarchizacja poszczególnych wad/problemów/przyczyn.

Poziom akceptowanego ryzyka powinien być wyznaczony na podstawie dostępnych danych, literatury fachowej lub na podstawie doświadczenia. W przypadku braku informacji źródłowych za próg akceptowalny można przyjąć wartość 50 (zgodnie z poziomem wnioskowania statystycznego dla  $\alpha=0,05$ ). Wówczas wszystkie wartości poniżej 50 traktuje się jako akceptowalne [10].

Do oceny poziomu ryzyka poszczególnej wady/problemu/przyczyny można przyjąć także następujące kryteria [10]:

- ryzyko niskie (R: 1-50),
- ryzyko średnie (R: 51-100),
- ryzyko wysokie (R: 101-200),
- ryzyko bardzo wysokie (R: 201-1000).

Niekiedy stosuje się także ustalenie poziomu akceptowanego ryzyka, w odniesieniu do znaczenia poszczególnych wad/problemów [10]. W artykule zastosowano jednak kryteria przedstawione powyżej. Wynikało to z analizy eksperckiej, w wyniku której uznano, iż dla początkowego etapu analizy opracowane progi stanowią jak najbardziej właściwe przedziały.

Tab.2. Wytyczne dla wskaźnika W

Prawdopodobieństwo wystąpienia % (W)	Ocena	Opis
0 ÷ 5	1	Nikłe szanse wystąpienia
6 ÷ 20	2	Małe
21 ÷ 30	3	
31 ÷ 40	4	
41 ÷ 50	5	Umiarkowane
51 ÷ 60	6	
61 ÷ 70	7	
71 ÷ 80	8	Wysokie
81 ÷ 90	9	
91 ÷ 100	10	Bardzo wysokie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy [12; por.: 8, 9, 10, 13, 14]

Tab.3. Wytyczne dla wskaźnika O

Wykrywalność wady/problemu/przyczyny (O) %	Ocena	Opis
91 ÷ 100	1	Bardzo wysoka
71 ÷ 90	2	
61 ÷ 70	3	Wysoka
51 ÷ 60	4	
41 ÷ 50	5	Umiarkowana
31 ÷ 40	6	
26 ÷ 30	7	
16 ÷ 25	8	Niska
6 ÷ 15	9	
0 ÷ 5	10	Niemożliwa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy [12; por.: 8, 9, 10, 13, 14]

#### 4. Ocena innowacji

W wyniku przeprowadzenia analizy innowacji z wykorzystaniem metody FMEA wskazano na 22 wady/problemy, w ramach których wyodrębniono 37 głównych związków relacyjnych: przyczyna-wada-skutek. Następnie zgodnie z przyjętą metodologią ustalono zbiór najistotniejszych czynników ryzyka na podstawie wartości R.

W badaniu, z uwagi na wyłonienie większej liczby przyczyn w stosunku do wad/problemów, hierarchizacji poddano przyczyny (czynniki ryzyka).

W analizowanym przykładzie, w obszarze ryzyka *niskiego* znalazło się 10 czynników ryzyka, które są związane głównie z działaniami: *przygotowaniem i zaplanowaniem procesu produkcyjnego oraz określeniem potrzeb odbiorców*.

Najliczniejsza grupa przyczyn dotyczyła ryzyka *średniego*, gdzie znalazło się 14 z analizowanych czynników. W przedziale tym nie pojawiło się żadne zagrożenie wynikające z etapu *określenia potrzeb odbiorców*.

Obszar ryzyka *wysokiego* zawierał 9 przyczyn, wśród których znalazły się następujące czynniki ryzyka:

1. Brak odpowiedniego ośrodka badawczego wewnątrz przedsiębiorstwa (OPO).
2. Utrudniony kontakt z jednostkami B+R (OPO).
3. Utrudniony dostęp do norm (SWIZNB).
4. Nieprawidłowo określona liczba oraz rodzaj części i podzespołów niezbędnych do wykonania produktu (PIZPP).
5. Nieprawidłowo oszacowany technologiczny koszt wytworzenia (PIZPP).
6. Nieprawidłowo określony sposób, miejsce oraz częstotliwość kontroli (PIZPP).
7. Nieprawidłowo opracowana dokumentacja odbioru wyrobu (POSIP).
8. Źle obliczone wartości momentów skręcania (PP).
9. Nieprawidłowy dobór elementów złącznych (PP).

Wartości współczynnika R kolejno dla tego obszaru wyniosły: 112, 126, 128, 128, 128, 135, 180, 189, 192. Wymienione czynniki ryzyka związane są z wszystkimi analizowanymi etapami.

W zakresie ryzyka *bardzo wysokiego* znalazły się takie czynniki, jak:

1. Sprzeczność informacji pochodzących z różnych norm (mnogość norm) (SWIZNB).
2. Nieprawidłowo sporządzony opis warunków kontroli międzyoperacyjnej (PIZPP).
3. Nieprawidłowo określona ilość zużytego materiału, tzw. normatyw materiałowy (PIZPP).
4. Nieprawidłowo oszacowane koszty materiałów (PIZPP).

Wartości współczynnika R kolejno dla tego obszaru wyniosły: 216, 240, 280 i 288.

Wymienione przyczyny związane są z działaniami: *przygotowaniem i zaplanowaniem procesu produkcji oraz sprawdzeniem wytycznych i zaleceń norm branżowych*. Czynniki ryzyka znajdujące się w obszarze o podwyższonej konieczności kontroli (ryzyko wysokie i bardzo wysokie) wiążą się głównie z następującymi skutkami (zapis w ujęciu malejącej wartości R):

- wzrostem kosztu wyrobu,
- brakami materiałowymi,
- złą jakością wyrobu,
- koniecznością wstrzymania produkcji,

- brakiem pożądaných wartości parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych wyrobu,
- brakiem dokumentacji odbioru,
- nie zawarciem przez klienta umowy zakupu,
- brakiem części i podzespołów.

Wymienione przyczyny dotyczą zarówno aspektów technicznych, jak i ekonomicznych innowacji. Należy jednak zauważyć, iż w przypadku analizowanej innowacji technicznej eksperci wymienili więcej przyczyn związanych z zagadnieniami technicznymi. Wynika to ze specyfiki innowacji, która dotyczy zmian o charakterze technicznym i technologicznym w organizacji. W ustalaniu przyczyn eksperci intuicyjnie podawali najistotniejsze czynniki ryzyka. W badaniu nie zostali nakierowani na żaden z aspektów analizy, co pozwala sądzić, iż kwestie technicznych warunków realizacji innowacji stanowią o ryzyku projektu.

Warto zauważyć, iż w obszarze bardzo wysokiego ryzyka, wartości R nie przekroczyły 300, co świadczy o stosunkowo dobrze opracowanym projekcie innowacyjnym. W przypadku innowacji nie jesteśmy w stanie wyeliminować czynników ryzyka, które nie powodowałyby bardzo wysokiego ryzyka. To właśnie specyfika innowacji sprawia, iż zawsze w takich projektach przedsiębiorstwo zmuszone jest borykać się z wysokim ryzykiem. Ważne jest zatem określenie, jak bardzo ryzykowne jest zrealizowanie innowacji w ujęciu całościowym, czyli analiza poszczególnych czynników ryzyka powinna przełożyć się na ocenę ogólną ryzyka.

W analizowanym przykładzie oceniono projekt jako średnio ryzykowny, co pozwoliło na przedłożenie go do realizacji. Ocena całościowa wynikała z dalszych ustaleń poczynionych w ramach grupy ekspertów biorących udział w przeprowadzeniu analizy. Z uwagi na obszerność artykułu założenia te nie zostaną szczegółowo opisane, a jedynie umieszczone jako elementy podsumowujące możliwość wykorzystania FMEA w ocenie ryzyka innowacji. Z podobnych względów nie zaprezentowano także szczegółowych charakterystyk w zakresie ryzyka niskiego i średniego.

## 5. Podsumowanie

W ocenie ryzyka innowacji konieczne jest poszerzenie FMEA o aspekty nie bezpośrednio wynikające z danego problemu czy wady. Wynika to z faktu, iż innowacja nie jest oderwana od przedsiębiorstwa i musi być analizowana również w kontekście ogólnej działalności firmy. Mając świadomość pewnego „braku” konsekwencji w zakresie wyłaniania zarówno wad pośrednich i bezpośrednich, zabieg ten wskazał na lepsze wyniki w ocenie innowacji, aniżeli analiza tylko i wyłącznie w zakresie przyczyn bezpośrednich.

W przypadku oceny ryzyka innowacji technicznej, konieczne jest połączenie FMEA produktu i procesu, co wynika z głównych aspektów podlegających analizie. Istotna jest tu bowiem zarówno sama koncepcja nowatorskiego rozwiązania w zakresie założeń technicznych oraz ekonomicznych (co skłania do przeprowadzenia FMEA produktu), ale też i jego realizacja (FMEA procesu), co wynika z definicyjnego warunku koniecznego - praktycznego zastosowania. Niewykluczone jest także zastosowanie innych aspektów analizy.

Zastosowanie metody FMEA do rozwiązań innowacyjnych wymaga pewnych odstępstw od ogólnie przyjętych założeń, co wynika z nietypowego charakteru innowacji, a tym samym konieczności odrębnego podejścia do badanego problemu. Wydają się zasadne przeprowadzenie FMEA ze zmianami pewnych założeń oceny, np. po dokonaniu hierarchizacji czynników można przeprowadzić wnioskowanie z uwagi na skutek danej



przyczyny (Z), następnie możliwość wykrycia (O) i częstość wystąpienia (W). Zazwyczaj rangowanie przyczyn odbywa się według ocen cząstkowych kolejno dla Z, W i O [9]. W przypadku innowacji można by zastosować kolejność nieco inną, z uwagi na małą liczbę testowań wyrobu (to może dawać nieprecyzyjny wynik parametru W).

Sugeruje się aby ocena całościowa ryzyka innowacji wynikała z porównań wyników uzyskanych przy zastosowaniu różnych założeń, np. odnośnie rangowania.

#### Literatura:

1. Benoit Godin, In the Shadow of Schumpeter: W. Rupert Maclaurin and the Study of Technological Innovation. Springer Science+Business Media B.V. 2008.
2. Knosala R., Boratyńska Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A.: Zarządzanie innowacjami. PWE, Warszawa 2014.
3. Budziński F., Mróz M.: Innowacje techniczne: Geneza i rozwój. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1998.
4. Landwójtowicz A., Knosala R.: Czynniki ryzyka innowacji technicznej na wybranym przykładzie. XV Międzynarodowa Konferencja Naukowa: Zarządzanie Przedsiębiorstwem: Teoria i Praktyka, Kraków 2013, materiały konferencyjne.
5. Ping-Shun Ch., Ming-Tsung W.: A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment: A case study. Computers & Industrial Engineering 66 (2013) 634–642, Elsevier 2013.
6. Guerrero H. H., Bradley J. R.: Failure Modes and Effects Analysis: An Evaluation of Group versus Individual Performance. Production and Operations Management, Vol. 22, No. 6, November–December 2013, pp. 1524–1539, Production and Operations Management Society 2012.
7. Kumaravadivel A., Natarajan U.: Application of Six-Sigma DMAIC methodology to sand-casting process with response surface methodology. Int J Adv Manuf Technol (2013) 69:1403–1420, Springer-Verlag London 2013.
8. Jazdon A.: Doskonalenie zarządzania jakością. Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego, Bydgoszcz 2001.
9. Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami - nowe wydanie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
10. Miller P.: Systemowe Zarządzanie Jakością. Koncepcja systemu, ocena systemu, wspomaganie decyzji. DIFIN, Warszawa 2011.
11. Bizon-Górecka J.: Menedżer jakości w nowocześnie zarządzanym przedsiębiorstwie. Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego, Bydgoszcz 2002.
12. Materiały z firmy: <http://www.wakmet.com.pl/>, dostęp 17.10.2013.
13. Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością - teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Poznań 1999.
14. Wiśniewska M., Bondarenko P.: Zastosowanie wybranych narzędzi i metod zarządzania jakością do rozpoznania problemów dotyczących wad produktu w przedsiębiorstwie X. Studium Przypadku. [w:] Uwarunkowania jakościowe, [red:] Łopatowska J., Zieliński G.. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013.

Mgr inż. Anna LANDWÓJTOWICZ, prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów Politechniki Opolskiej  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75; tel.: (+48 77) 449 88 45  
e-mail: a.landwojtowicz@po.opole.pl r.knosala@po.opole.pl