



# MODEL OCENY POZIOMU RYZYKA W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Marcin Topczak, Justyna Patalas-Maliszewska

Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Poland

**Corresponding author:**

Marcin Topczak

Uniwersytet Zielonogórski

Wydział Mechaniczny

Institut Informatyki i Zarządzania Produkcją

Prof. Szafrana 4, 65-516 Zielona Góra, Poland

phone: (+68) 328 2273

e-mail: m.topczak@wp.pl

---

## MODEL OF RISK LEVEL ASSESSMENT IN A MANUFACTURING ENTERPRISE

### ABSTRACT

Risk is an inherent element of business operations. In the case of production enterprises, the risk can be considered in the area of material, machine, man and process organization. PN ISO 31000:2018 recommends integrating the risk management system with other management systems within a company, pointing to the significant role of understanding the external and internal context of the organization and identifying the needs of stakeholders. The risk management process consists of two steps: identification and analysis affecting the risk factors and quantitative measurement of its level. The article proposes a risk management model for a production enterprise, making a theoretical analysis. The proposed model and procedure are based on the guidelines of PN ISO 31000:2018. The proposed procedure for risk management includes the stage of hazard identification in a selected area, setting criteria and levels of admissibility of individual threats, risk analysis and evaluation of risk levels in relation to the adopted criteria.

### KEYWORDS

Risk, assessment, manufacturing enterprise, risk management process.

---

## 1. Wprowadzenie

Ryzyko nie jest pojęciem jednoznacznym. W kontekście przedsiębiorstwa produkcyjnego przyjmuje się definicję ryzyka jako zdarzenie, którego wystąpienie powoduje straty w firmie. Zarządzanie ryzykiem można traktować w ujęciu podziału obowiązków i odpowiedzialności osób zaangażowanych w planowanie, projektowanie i realizowanie procesów produkcyjnych, ustalenie zasad działania oraz podejmowania kroków w celu eliminacji lub minimalizacji zagrożenia i skutków materializacji ryzyka. Ważnym aspektem w zakresie zarządzania ryzykiem jest określenie prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożeń wpływających na procesy produkcyjne oraz ich potencjalnych skutków. W artykule zaproponowano model oceny poziomu ryzyka w przedsiębiorstwie produkcyjnym w ujęciu procesowym. Zaprezentowano akty normatywne dotyczące zarządzania ryzykiem oraz metody i modele oceny poziomu ryzyka na podstawie analizy literatury przedmiotu. Wyniki przeprowadzonej analizy pozwoliły na zdefiniowanie luki badawczej w postaci jednoznacznego modelu oceny poziomu ryzyka w ujęciu procesowym dla przedsiębiorstwa produkcyjnych branży motoryzacyjnej. Zaproponowano model oceny ryzyka, który składa się z następujących elementów: (1) identyfikacji zagrożeń, (2) ustalenia

kryteriów i poziomów oceny ryzyka, (3) analizy zagrożeń, (4) ewaluacji ryzyka oraz (5a) naprawy ryzyka lub (5b) pozostawienia dotychczasowych rozwiązań.

## 2. Akty normatywne

Norma PN ISO 31000:2018, zarządzanie ryzykiem, jest dokumentem w którym podano wytyczne dotyczące zarządzania ryzykiem, na które narażone są, m.in. przedsiębiorstwa. Według normy PN ISO 31000:2018 zalecenia w niej zawarte można zastosować do każdej organizacji, bez względu na jej specyfikę i branżę. W stosunku do zastąpionej przez nią normy ISO 31000:2009, wskazano iteracyjny charakter zarządzania ryzykiem zauważając, że nowe doświadczenia oraz wiedza i analiza stanu faktycznego mogą prowadzić do rewizji elementów procesu, działań i kontroli w przedsiębiorstwie na każdym etapie. Iteracyjność można porównać do cyklu Deminga, który opiera się na koncepcjach planowania, wdrażania, obserwacji, monitorowania oraz ciągłego doskonalenia. Odejście od blokowego przedstawiania procesu z równoczesnym wprowadzeniem pętli ma na celu dogłębną analizę ryzyka, niekiedy wielokrotną, prowadzącą do uzyskania pożądanego efektu.

Zwrócono też uwagę na znaczenie zaangażowania najwyższego kierownictwa we wdrażanie działań in-

tegracyjnych zarządzania ryzykiem ze strategicznymi działaniami firmy. W omawianej normie podkreślono fakt, że projektując strukturę zarządzania ryzykiem w organizacji należy przeanalizować jej kontekst wewnętrzny i zewnętrzny, określając zakres odpowiedzialności za dane ryzyko. Badając kontekst zewnętrzny organizacji należy wziąć pod uwagę czynniki społeczne, kulturowe, polityczne, prawne, finansowe, ekonomiczne, terytorialne i środowiskowe. Badanie kontekstu wewnętrznego powinno w głównej mierze opierać się na analizie misji, wizji oraz polityce organizacji, przy czym istotnym jest zbadanie założonych celów ogólnych i szczegółowych, wartości, władzy, struktury organizacyjnej, strategii, ról i odpowiedzialności.

W normie pojawia się również definicja interesariusza – strony zainteresowanej, która odgrywa równie ważną rolę obok uczestników organizacji. Stroną zainteresowaną są osoby i organizacje współpracujące z przedsiębiorstwem. Norma wskazuje na ich kluczowe znaczenie w procesie zarządzania ryzykiem, podkreślając konieczność informowania stron, konsultacji oraz wymiany poglądów. Komunikacja i konsultacja ze stronami zewnętrznymi, uczestniczącymi pośrednio w życiu organizacji ma na celu pomoc w zrozumieniu ryzyka poprzez pozyskiwanie informacji ułatwiających podejmowanie decyzji.

Ocena ryzyka to ogólny proces identyfikacji, analizy i ewaluacji ryzyka, która powinna być wykonywana systematycznie i iteracyjnie z wykorzystaniem wiedzy i poglądów zainteresowanych stron. Ocena powinna zawierać najlepsze dostępne informacje, w miarę potrzeb uzupełnione dodatkowymi zapytaniami. Celem identyfikacji ryzyka jest znalezienie, rozpoznanie i opisanie ryzyka, które może pomóc lub uniemożliwić organizacji osiągnięcie celów. W identyfikacji niepewności należy wziąć pod uwagę czynniki mogące mieć wpływ na źródła ryzyka, między innymi:

- słabe punkty i obszary w organizacji,
- zmiany w zewnętrznym i wewnętrznym kontekście,
- wskaźniki pojawiających się zagrożeń,
- charakter i wartość konsekwencji zasobowych i ich wpływ na cele,
- ograniczenia wiedzy,
- ograniczenia wiarygodności informacji,
- czynniki związane z czasem,
- błędy procesowe.

Analiza ryzyka obejmuje zdefiniowanie źródeł ryzyka, prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń, możliwych konsekwencji zdarzeń oraz zasad kontroli. Metody i techniki stosowane w analizie ryzyka mogą mieć charakter ilościowy, jakościowy lub ilościowo-jakościowy. Analiza ryzyka powinna uwzględniać następujące czynniki:

- prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń i konsekwencji,
- charakter i wielkość konsekwencji,
- złożoność i łączność,
- czynniki związane z czasem oraz zmienność procesów i zjawisk,

- skuteczność istniejących mechanizmów kontrolnych,
- poziomy wrażliwości i zaufania.

Celem ewaluacji ryzyka jest przede wszystkim wsparcie procesu decyzyjnego. Obejmuje ona porównanie wyników analizy ryzyka z ustalonymi kryteriami, w celu ustalenia obszarów wymagających działań. Wyniki ewaluacji powinny być rejestrowane i przekazywane do akceptacji na odpowiednich poziomach organizacji. Ewaluacja ryzyka może zasugerować szereg opcji decyzyjnych, takich jak pozostawienie ryzyka bez dalszych działań, rozpoczęcie procesu naprawy ryzyka, przeprowadzenie dalszej analizy, utrzymanie istniejących metod kontroli lub zrewidowanie celów. Naprawa ryzyka jest procesem postępowania z ryzykiem mającym na celu skuteczny wybór i wdrożenie opcji dotyczących ryzyka. Proces obejmuje iteracyjne formułowanie i wybór opcji naprawy ryzyka, planowanie i wdrażanie działań naprawczych, ocenę skuteczności działań oraz podejmowanie dalszych decyzji. Należy zwrócić uwagę na wybór sposobu naprawy ryzyka, który powinien zawierać koszty, nakłady i potencjalne zagrożenia wynikające z wdrożenia. Można wyróżnić następujące opcje naprawy ryzyka:

- unikanie ryzyka, poprzez zaprzestanie lub minimalizację działalności powodującej ryzyko,
- podejmowanie lub zwiększenie ryzyka w celu skorzystania z okazji,
- usunięcie źródła ryzyka,
- dostosowanie prawdopodobieństwa lub konsekwencji,
- dzielenie się ryzykiem,
- utrzymanie ryzyka na podstawie świadomej decyzji.

Działania naprawcze oprócz konsekwencji pozytywnych, mogą wprowadzić nowe ryzyka, którymi również należy zarządzać. Istotnym jest zaplanowanie, przygotowanie i wdrożenie planów postępowania z ryzykiem, uzasadniając wybór działań naprawczych, korzystając z wiedzy i konsultacji z członkami organizacji i stronami zainteresowanymi.

Niezwykle ważne w zarządzaniu ryzykiem jest monitorowanie i przegląd postępów działań procesowych. Ich celem jest zapewnienie i poprawa jakości oraz skuteczności projektowania, wdrażania i osiągania celów. Monitorowanie i przegląd powinny odbywać się na wszystkich etapach procesu zarządzania ryzykiem, obejmując planowanie, zbieranie i analizowanie informacji, rejestrowanie wyników oraz przekazywanie informacji zwrotnych. Cały proces zarządzania ryzykiem wraz z wynikami nadzoru, monitorowania i przeglądu, powinny być rejestrowane, raportowane i dokładnie dokumentowane. Ma to na celu efektywne podejmowanie decyzji na podstawie zebranych informacji, bieżącą kontrolę działań oraz monitorowanie postępów w zarządzaniu organizacją, wspomaganie interakcji z zainteresowanymi stronami i osobami odpowiedzialnymi za zarządzanie ryzykiem.

Zastosowanie w przedsiębiorstwach znanych w literaturze przedmiotu metod czy modeli oraz nowych podejść do zarządzania ryzykiem (rozdział 3) musi być zgodne z aktami normatywnymi.

### 3. Metody i modele oceny poziomu ryzyka

Zarządzanie ryzykiem składa się z dwóch etapów: (1) identyfikacja i analiza czynników wpływających na ryzyko oraz (2) ilościowy pomiar jego poziomu. W etapie identyfikacji czynników wpływających na ryzyko można wyróżnić metody jakościowe i ilościowe [1]. Dzięki zastosowaniu metod jakościowych można zidentyfikować, i analizować ryzyko, jednak w ujęciu subiektywnym. Wśród metod jakościowych wymienić można:

- opisową ocenę ryzyka,
- analizę profilową,
- systemy wczesnego ostrzegania,
- metody wyrównywania ryzyka,
- metodę szacowania ryzyka FMEA,
- katalogowanie czynników ryzyka,
- wstępną analizę zagrożeń PHA [10].

#### Ocena opisowa

Zastosowanie metod opisowych ma na celu dokonanie identyfikacji i subiektywnej oceny zagrożenia i ryzyka, które może wystąpić podczas realizacji danego procesu. W wersji najprostszej konieczne jest określenie prawdopodobieństwa (w skali małe, średnie i duże) oraz możliwego skutku, przedstawionego w adekwatnej skali. Klasyfikacja i zestawienie prawdopodobieństwa ze skutkiem jakie za sobą niesie, może zostać przedstawione graficznie albo tabelarycznie. Przykładem takiego zestawienia może być mapa ryzyka [5].

#### Analiza profilowa

Zadaniem tej metody jest stworzenie profilu organizacji oraz dokonanie analizy opierając się na wyszczególnionych cechach organizacji (lista przekrojów analizy). Ocena stopnia ryzyka dokonywana jest w odniesieniu do poszczególnych cech [9].

#### Systemy wczesnego ostrzegania

Metoda polega na stworzeniu systemu ostrzegania opartego na ustalonych progach wrażliwości poszczególnych czynników krytycznych lub objawach materializacji ryzyka. Pojawienie się symptomów materializacji ryzyka lub przekroczenie ustalonego progu wrażliwości uznaje się za sygnały ostrzegawcze [9].

#### Metody wyrównywania ryzyka

Metoda wyrównywania ryzyka polega na badaniu różnego rodzaju ryzyk i zagrożeń w celu wytypowania grup, których poziom należy wyrównać do zakresu akceptowalnego [9].

#### Metoda FMEA

Analiza przyczyn wadliwości i krytyczności była stosowana po raz pierwszy w latach 60 w USA, w przemyśle kosmicznym. Metoda opiera się na analizie relacji pomiędzy przyczynami i skutkami powstawania wad produktu oraz uwzględnieniu w analizie czynnika krytyczności (ryzyka). Celem metody jest bieżące i systematyczne rozpoznawanie ewentualnych wad wraz z ich eliminacją lub minimalizowaniem ryzyka z nimi związanego. FMEA umożliwia doskonalenie produktu na drodze ciągłych kontroli i analiz oraz wprowadzaniu korekt

na podstawie ich wyników. Metoda ma zastosowanie zarówno w przypadku produktu jak również w procesach, gdzie analiza może zostać przeprowadzona dla całości lub wybranego fragmentu (zespołu, części) [10].

#### Katalogowanie czynników ryzyk

Metoda katalogowania polega na określeniu natury ryzyka oraz przygotowaniu szablonu identyfikacji składowych cech ryzyka wraz z przypisaniem ocen przedziałowych poszczególnym cechom. Mnogość badanych cech wpływa na uzyskanie wartości sumarycznej oceny [9].

#### PHA

Preliminary Hazard Analysis, czyli wstępna analiza zagrożeń – metoda opierająca się na wyodrębnieniu i scharakteryzowaniu potencjalnych zagrożeń i zdarzeń przypadkowych, które mogą doprowadzić do awarii lub wypadku. Opiera się na wiedzy początkowej, dostępnej w fazie wstępnej projektowania. Analiza PHA ma na celu ocenę ryzyka oraz możliwych skutków wraz z oszacowaniem ich siły, co staje się podstawą do zaprojektowania działań zapobiegawczych i naprawczych. Identyfikacja zagrożeń na etapie projektowania pozwala na redukcję kosztów późniejszych, koniecznych modyfikacji i działań naprawczych. Początkowym etapem analizy jest zebranie informacji oraz sprecyzowanie zakresu i celu zastosowania metody. W kolejnym kroku należy zidentyfikować zagrożenia możliwe do zmaterializowania. Istotnym etapem jest oszacowanie prawdopodobieństwa i poziomu konsekwencji skutków wystąpienia zagrożeń. Finalnie należy zebrać i zestawić zagrożenia rankingowo wraz z zaprojektowanymi działaniami naprawczymi

Zastosowanie metod ilościowych do oceny ryzyka pozwala na określenie prawdopodobieństwa i częstotliwości występowania danego rodzaju ryzyka. Można tu wyróżnić metody m.in. Monte Carlo, analizę wrażliwości, metody finansowe zawierające techniki inwestycyjne czy metody statystyczne [4].

#### Monte Carlo

Metoda Monte Carlo opiera się na losowaniu próbek z zakresu opisanego rozkładem prawdopodobieństwa. Zagadnienie zostało użyte po raz pierwszy podczas II wojny światowej. Przeprowadzenie symulacji Monte Carlo powiązane jest z występowaniem bardzo dużej ilości możliwych scenariuszy, z zastosowaniem odmiennych danych wejściowych pochodzących z określonych zakresów, biorąc pod uwagę prawdopodobieństwo osiągnięcia przez dane konkretnej wartości [5].

#### Analiza wrażliwości

Dokonanie analizy wrażliwości pozwala poznać jak bardzo dana zmienna wpływa na zjawisko i wynik końcowy, jak również pozwala poznać jak wygląda rozkład danych wejściowych, co z punktu znaczenia analitycznego równie istotnie wpływa na rezultat. W przypadku analizy wrażliwości dokonuje się przeglądu zależności, między innymi wskaźnika korelacji czy determinacji [5].

Metody ilościowe służące do identyfikacji czynników wpływających na ryzyko, mają na celu ciągłe i wielokrotne rozpoznawanie czynników danych już opracowa-

nych lub w reakcji na nowe sytuacje. Zazwyczaj metody te wymagają pracy grupowej, gdzie przy spotkaniach kluczową rolę odgrywa kierownik projektu, brygadzi- sta lider odpowiedzialny za dany czynnik ryzyka. Wy- nikiem spotkań grupowych oraz opracowań indywidu- alnych jest sporządzenie wykazu czynników wpływają- cych na ryzyko, które następnie powinny zostać podda- ne ocenie ilościowej i jakościowej. Do metod ilościowych służących do identyfikacji czynników wpływających na ryzyko, zaliczyć można:

- ankiety eksperckie,
- spotkania planistyczne,
- przegląd dokumentacji,
- porównanie analogii,
- ocena planu,
- technika delficka,
- burza mózgów,
- analiza SWOT [7].

### Ankiety eksperckie

Przy zastosowaniu tej metody wykorzystuje się spe- cjalnie przygotowane formularze ankiet, zawierających pytania na temat badanego ryzyka. Ankiety dostarcza- ne są wybranemu ekspertowi, specjalście w danym ob- szarze ryzyka. Dzięki ankietom pozyskiwana jest wie- dza specjalistyczna oraz informacje o skutkach i praw- dopodobieństwie materializacji ryzyka oraz możliwych działaniach profilaktycznych [7].

### Spotkania planistyczne

W spotkaniach planistycznych biorą udział wszyscy uczestnicy przedsięwzięcia. Na spotkaniach planistycz- nych, w grupie, omawiane są kwestie związane z ry- zykiem, metody zarządzania ryzykiem, sposoby moni- torowania i pomiaru ryzyka oraz dokonywany jest pod-ział odpowiedzialności pomiędzy członków organiza- cji [7].

### Przegląd dokumentacji

Metoda opiera się na szczegółowej analizie doku- mentów związanych z kwestiami zarządzania ryzykiem. Analizie poddawane są dokumenty wewnętrzne oraz ze- wnętrne pozyskane od klientów i ewentualnych intere- sariuszy. W metodzie istotnym jest dokonywanie prze- glądu na każdym etapie tworzenia i uzupełniania doku- mentacji [7].

### Porównanie analogii

W metodzie wykorzystywany jest proces porówny- wania dokumentacji zarchiwizowanej, dotyczącej ana- logicznego przedsięwzięcia z działaniami bieżącymi. Do- kumenty archiwalne stanowią ważne źródło wiedzy, dzięki któremu możliwe jest uniknięcie błędów i niepra- widłości, bazując na procesie analogicznym, przepro- wadzonym w przeszłości i udokumentowanym [7].

### Ocena planu

Realizacja przedsięwzięcia poprzedzona jest skrupu- latnym planowaniem i przygotowaniem dokumentacji projektowej. Metoda polega na dokładnej analizie zało- żeń i dokumentacji projektowej, pozwalając tym samym na ocenę bezbłędności i kompletności danych [7].

### Technika delficka

Metoda opiera się na opinii ekspertów z danej dzie- dziny. Opinie uczestników badania pozyskuje się dro- gą korespondencyjną. Badani proszeni są o wypełnienie arkusza ankietowego zawierającego pytania dotyczące danego zakresu tematycznego. Ekspertyzy zbierane są i opracowane, przy czym anonimowo eksperci są zapo- znawani z opiniami innych ekspertów, w celu wyrażenia poglądu lub weryfikacji i zmiany swojej opinii. Badania przeprowadzane mogą być cyklicznie [7].

### Burza mózgów

Metoda polega na zebraniu grupy badanych oraz podaniu konkretnego tematu w celu uzyskania opinii bez wprowadzania ograniczeń merytorycznych. Istot- nym w metodzie jest nie ocenianie wartości informacyj- nej poglądów. Wszystkie poglądy są rejestrowane, a na- stępnie weryfikowane i poddawane ewentualnej ana- lizie. Burza mózgów cechuje się otwartością dyskusji i brakiem presji wywołanej ograniczeniami w wyrażaniu swoich poglądów na dany temat [7].

### Analiza SWOT

Jedną z metod analizy strategicznej, okazuje się po- mocną w przypadku początkowego projektowania i ana- lizy ogólnej ryzyka. Metoda pozwala na identyfikacje i wyszczególnienie atutów, szans, słabych stron i zagro- żeń projektu. Prowadzona w początkowym okresie pla- nowania projektu prowadzi do opisanego ogólnego ryzyka lub możliwości realizacji zadań [7].

Model oceny poziomu ryzyka dobierany jest do ana- lizy pod względem specyfiki rozpatrywanego zagadnie- nia. Można wyróżnić następujące modele oceny pozio- mu ryzyka: (1) model matematyczny, (2) model ekono- metryczny oraz (3) model heurystyczny [1].

#### (1) Model matematyczny

Istotnymi modelami matematycznymi są modele dystrybucyjne, modele 2-liniowe, oczekiwanego ryzy- ka oraz dymensjonalne. W ramach pierwszego podej- ścia, reprezentowanego przez tzw. modele dystrybucyj- ne, ocena ryzyka jest funkcją wariancji rozkładu wyni- ków, przykładem jest model Markowitz'a czy Coombs i Lehner'a. W przypadku modeli 2-liniowych i oczekiwa- nego ryzyka, określa się ryzyko na podstawie wielkości możliwych strat i zysków oraz ich prawdopodobieństw. W modelach tych ryzyko jest sumą iloczynów wszyst- kich możliwych wyników mnożonych przez ich prawdo- podobieństwa (model Sarina, EU, dwuliniowa EU) [8].

#### (2) Model ekonometryczny

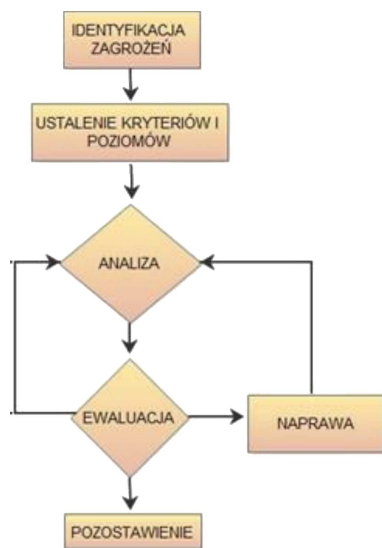
Zastosowanie modeli ekonometrycznych pozwala na wyznaczenie zależności pomiędzy poszczególnymi ele- mentami modelu. W tym celu mogą zostać zastosowa- ne liniowe modele prawdopodobieństwa, modele logito- we oraz probitowe. Probitowy model ekonometryczny może znaleźć zastosowanie w ocenie prawdopodobnych zagrożeń w przypadku planowania logistycznego, gdzie rozpatrywane są źródła ryzyka oraz najbliższe otocze- nie procesu. W modelach tego typu zazwyczaj zmien- ną objaśnioną jest zmienna ilościowa, reprezentowana przez zmienną zero-jedynkową, co oznacza, że nie może

przyjmować wartości innej niż 0 lub 1. Pomiar ryzyka metodą probitową pozwala na oszacowanie dwóch przypadków – realizacji lub braku realizacji (zadania, procesu, itp.) [6].

### (3) Model heurystyczny

Model heurystyczny może zostać zastosowany do oszacowania intensywności prawdopodobieństwa popełnienia błędu w procesie produkcyjnym przez człowieka. W celu oceny wpływu błędu pracownika na intensywność prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego można zastosować modelowanie lingwistyczne. Model powinien zostać zaprojektowany w oparciu o czynniki istotnie wpływające na poziom ryzyka, w kategorii błędu ludzkiego [6].

Proponowany w artykule model zarządzania ryzykiem jest efektem konsultacji w firmach produkcyjnych dotyczących konieczności wypracowania spójnego i zgodnego z oczekiwaniami zarządu i specyfiką przedsiębiorstwa podejścia do analizy i oceny ryzyka. Na podstawie oglądu norm (rozdział 2), analizy literatury przedmiotu (rozdział 3) sformułowano następujące elementy modelu: (1) identyfikacja zagrożeń, (2) ustalenie kryteriów i poziomów oceny ryzyka, (3) przeprowadzenie analizy zagrożeń, (4) ewaluacja ryzyka oraz (5a) naprawa ryzyka lub (5b) pozostawienie dotychczasowych rozwiązań (rys. 1).



Rys. 1. Schemat zarządzania ryzykiem.

## 4. Model zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie produkcyjnym

W przedsiębiorstwie produkcyjnym w ujęciu procesowym można stwierdzić, że ryzyko powstaje w czterech podstawowych obszarach: materiału, maszyny, człowieka oraz organizacji procesu. W obszarze materiału, analizie należy poddać czynniki, takie jak:

- dobór odpowiedniego materiału do procesu i oczekiwań względem produktu finalnego,
- dostępność materiału,
- zapasy.

W obszarze maszyny:

- prognozowany poziom niezawodności wyposażenia technicznego i technologicznego,
- poziom awaryjności pod względem oddziaływania przyczyn zewnętrznych,
- poziom awaryjności pod względem przyczyn wewnętrznych, wynikających zazwyczaj ze stopnia zużycia maszyny.

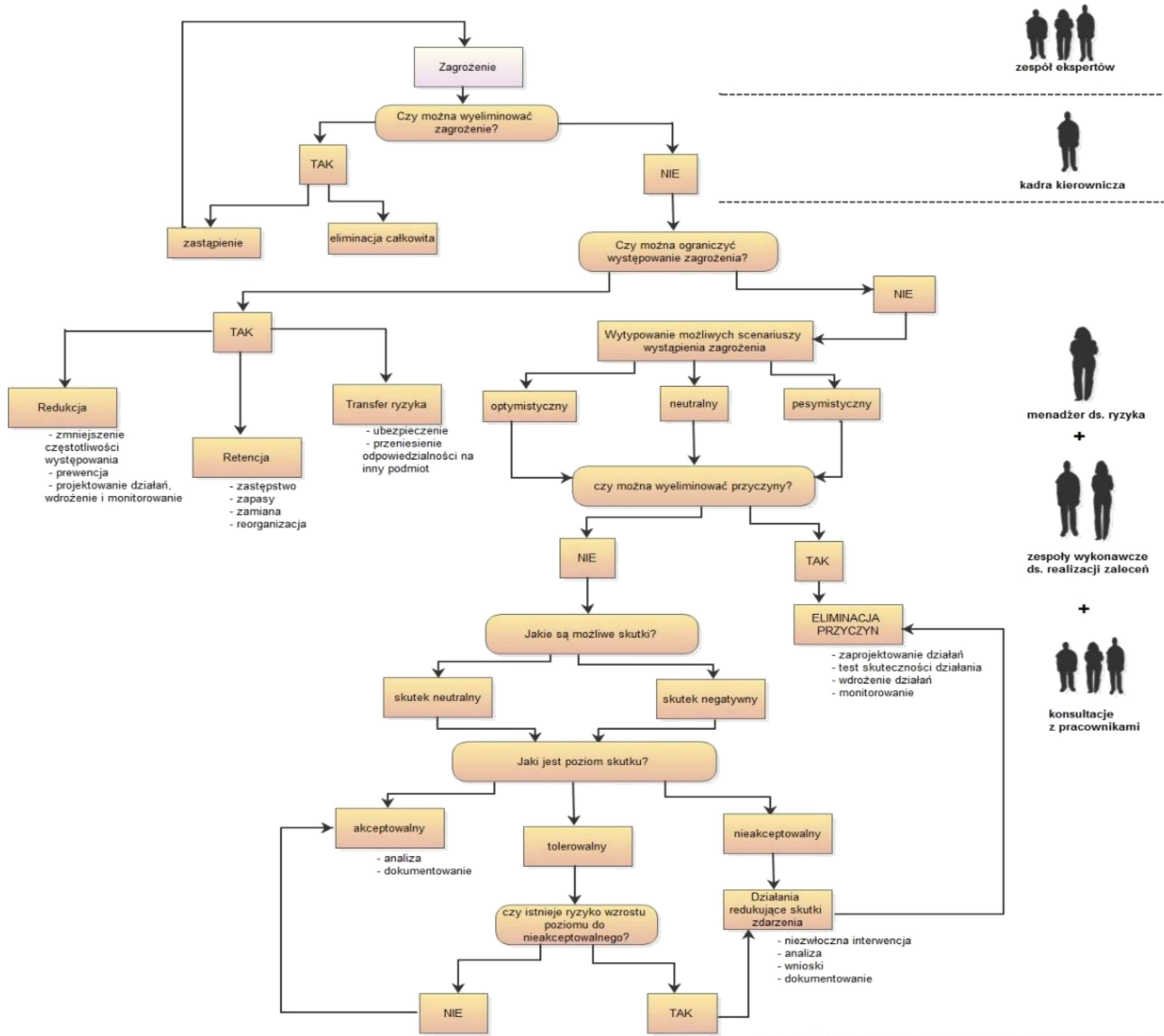
W obszarze człowieka:

- absencja pracowników,
- liczba pracowników (produkcyjnych, nadzorujących, itp.)
- przesunięcia stanowiskowe i zastępstwa,
- wypadkowość związana z obsługą procesu produkcyjnego,
- przygotowanie do wykonywania zadań stanowiskowych, z uwzględnieniem poprawności ich wykonywania.

W obszarze organizacji procesów należy uwzględnić przede wszystkim planowanie, projektowanie i modelowanie procesów produkcyjnych oraz kwestie związane z zarządzaniem zasobami materiałowymi i ludzkimi [2, 3].

Na rys. 1 przedstawiono elementy modelu zarządzania ryzykiem dla przedsiębiorstw produkcyjnych. Etapem początkowym zarządzania ryzykiem jest identyfikacja potencjalnych zagrożeń wraz z ich selekcją. Drugi etap to ustalenie kryteriów i poziomów dopuszczalności ryzyk, związanych z występowaniem zagrożeń. Trzecim krokiem jest szczegółowa analiza ryzyka. Informacje zdobyte podczas analizy pozwalają na podjęcie działań w kolejnym, czwartym etapie – ewaluacji ryzyka. Wynik ewaluacji wskazuje na konieczność podjęcia działań naprawczych ryzyka lub pozostawienia dostępnych rozwiązań. Rysunek 2 prezentuje szczegółowy opis proponowanego modelu.

Analiza ryzyka pozwala na jego oszacowanie oraz określenie możliwości powstania szkody. Etapem początkowym jest identyfikacja i wyodrębnienie możliwych czynników ryzyka w czterech obszarach strategicznych dla procesu produkcyjnego. W tym celu należy powołać wewnętrzne grupy eksperckie składające się ze specjalistów, przedstawicieli kadry zarządzającej oraz wykonawców procesowych, zatrudnionych w analizowanym przedsiębiorstwie. Ich praca grupowa powinna opierać się na otwartej dyskusji z wykorzystaniem zasad burzy mózgów. Przygotowany zestaw zidentyfikowanych czynników ryzyka powinien zostać poddany analizie wstępnej oraz selekcji, z wyodrębnieniem najbardziej istotnych i wpływających zagrożeń, co pozwoli na dalsze przeprowadzenie procedury zarządzania ryzykiem, z uwzględnieniem wyłącznie znaczących czynników. Wyselekcjonowane zagrożenia w kolejnym etapie powinny zostać poddane ocenie kadry kierowniczej w konsultacji z wykonawcami oraz z dokonaniem klasyfikacji jako zagrożenia zdolne do wyeliminowania lub ograniczenia. W obu celach należy powołać kolejne grupy odpowiedzialne za eliminację lub ograniczenie ryzyka. Kolejnym krokiem w zarządzaniu ryzykiem jest jego



Rys. 2. Schemat zarządzania zagrożeniami.

oszacowanie, gdzie dokonywana jest ocena prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia oraz możliwe skutki i straty. Odpowiedzialność za dalsze zarządzanie ryzykiem powinna zostać wydelegowana do pracownika wykwalifikowanego w tym zakresie. Tym samym powinien zostać ustalony zakres obowiązków i odpowiedzialności oraz możliwość konsultacji z innymi pracownikami [2, 3].

### 5. Procedura implementacji modelu oceny ryzyka

Model (rys. 2) obejmuje zarządzanie ryzykiem w obszarze materiału w firmie produkcyjnej, zgodnie z wytycznymi normy PN ISO 31000:2018.

Pierwszym etapem w modelu zarządzania ryzykiem (rys. 1) jest identyfikacja potencjalnych zagrożeń zarówno wewnętrznych i zewnętrznych organizacji. Rekomenduje się powołanie grupy ekspertów składających się

z przedstawicieli kadry kierowniczej, specjalistów z danej branży oraz przedstawicieli pracowników pracujących w analizowanym obszarze w celu wskazania takich zagrożeń.

Kolejnym etapem, który jest już realizowany przez kadre kierowniczą przedsiębiorstwa, jest analiza możliwości eliminacji zagrożenia. Wynik analizy, wskazujący na możliwość eliminacji, pozwala podjąć działania zastąpienia zagrożenia lub jego całkowitej eliminacji. Zagrożenie, którego nie można wyeliminować powinno zostać poddane dalszej analizie w kierunku ograniczenia jego występowania. Kolejne etapy zarządzania zagrożeniami obejmują wytypowanie możliwych scenariuszy występowania i oddziaływania zagrożenia, analizę szans eliminacji przyczyn występowania zagrożenia oraz prognozę skutków zagrożenia i ocenę ich poziomów.

W przypadku przedsiębiorstwa produkcyjnego, wśród zidentyfikowanych zagrożeń można wskazać następujące potencjalne elementy (tabela 1).

Tabela 1  
Identyfikacja zagrożeń.

Identyfikacja zagrożeń w obszarze: MATERIAŁ	
Kontekst wewnętrzny	Kontekst zewnętrzny
– wysoki poziom strat (odpadów)	– niska dostępność na rynku materiału o pożądanych właściwościach
– niski stan zapasów	– ograniczona ilość dostawców
– istotność materiału w procesie produkcyjnym	– długi czas dostawy materiału
– ograniczone możliwości technologiczne obróbki (...)	– złe stosunki z dostawcami (...)

Po dokonaniu identyfikacji i selekcji zagrożeń istotnie wpływających na proces produkcyjny w obszarze materiału, kadra kierownicza określa kryteria oraz ich dopuszczalne poziomy. Stanowiąc to będzie podstawę do oceny ryzyka po przeprowadzeniu analizy ryzyka. Określenie poziomu ryzyka przeprowadza się na podstawie obserwacji i danych poprzedzających analizę, pozwalających na wysnucie wiarygodnej prognozy. Przykład poziomów dopuszczalnego ryzyka w firmie pokazano w tabeli 2.

Analiza ryzyka jest przeprowadzana iteracyjnie w obszarach źródła zagrożenia, konsekwencji, prawdo-

podobieństwa wystąpienia, możliwych scenariuszy zdarzeń, kontroli występowania i jej skuteczności. Analizę ryzyka przeprowadza odpowiedzialny pracownik zatrudniony na stanowisku menadżera ds. ryzyka, który dzięki współpracy z pracownikami i z zespołami wykonawczymi, dokona charakterystyki, oceny i ewaluacji ryzyka w stosunku do określonych kryteriów.

Etapem kolejnym w modelu (rys. 1) jest pomiar ryzyka oraz jego ewaluacja, czyli porównanie wyników pomiaru z założonymi poziomami i kryteriami oceny. Ewaluacja podobnie jak analiza jest czynnością o charakterze iteracyjnym i powtarzalnym. Na tym etapie formułuje się zalecenie do dalszych działań. Po dokonaniu ewaluacji ryzyka mogą zostać podjęte decyzje:

- pozostawienie ryzyka na poziomie niezmiennym,
- podjęcie działań naprawczych oraz powtórna analiza,
- dalsza analiza,
- sprawdzenie adekwatności celów i możliwości ich realizacji.

Model zarządzania ryzykiem (rys. 1) obrazuje w sposób ogólny i uproszczony etapy zarządzania ryzykiem z uwzględnieniem iteracji pomiędzy analizą, ewaluacją oraz działaniami naprawczymi.

Tabela 2  
Kryteria i poziomy dopuszczalne ryzyka.

Kryteria i ich poziomy dopuszczalne w obszarze: MATERIAŁ					
Kontekst wewnętrzny			Kontekst zewnętrzny		
zagrożenie	kryterium	poziom	zagrożenie	kryterium	poziom
Wysoki poziom strat (odpadów)	udział procentowy odpadów do materiału przetworzonego	10 %	Długi czas dostawy materiału	Czas od złożenia zamówienia do jego fizycznej dostawy	72 h
Niski stan zapasów	udział procentowy zapasów do ilości materiału wykorzystywanego w procesie produkcyjnym w ciągu miesiąca	150 %	Ograniczona ilość dostawców	udział procentowy dostawców materiału do ilości hurtowni współpracujących z firmą	35 %

Tabela 3  
Analiza ryzyka.

Analiza ryzyka					
Zagrożenie	Źródła	Konsekwencje	Prawdopodobieństwo	Scenariusze	Kontrola
Wysoki poziom strat (odpadów)	Procesy produkcyjne, obróbka materiału, ograniczenia technologiczne	Wysokie straty, wzrost kosztów produkcji, marnotrawienie materiału, brak odzyskiwania odpadów	W zależności od projektowania procesu i kontroli zużycia materiału, wystąpienie zagrożenia jest prawdopodobne	Wzrost poziomu strat, utrzymanie na tym samym poziomie, spadek	Kontrola ilości odpadów niewykorzystanych w stosunku do ilości materiału dostarczonego
Niski stan zapasów	Ograniczenia magazynowe, niska dostępność materiału, niewystarczające nakłady finansowe	Przerwanie ciągłości produkcji, opóźnienia w produkcji, kary za nieterminowe wykonanie	Prawdopodobne w przypadku ograniczeń magazynowych i dostawy, mało prawdopodobne w przypadku zapewnienia odpowiednich zasobów finansowych	Brak zapasów, obniżenie ilości zapasów, utrzymanie na poziomie wystarczającym	Kontrola stanu zapasów, rozpoznanie rynku, nawiązanie współpracy z dodatkowymi dostawcami
Długi czas dostawy	Odległość, ograniczenia logistyczne, specyfika i dostępność materiału na rynku	Opóźnienia w produkcji, kary za nieterminowe wykonanie, przestoje w wykonywaniu operacji	Prawdopodobne w przypadku długiego czasu dostawy, mało prawdopodobne w przypadku odpowiedniego planowania dostaw	Wydłużony czas dostawy, skrócony czas dostawy, czas dostawy utrzymany na podobnym poziomie	Kontrola i pomiar czasu dostawy oraz porównanie do założeń kryterialnych
Ograniczona ilość dostawców	Ilość dostawców zajmujących się zaopatrzeniem w dany materiał, niski poziom rozpoznania rynku, ograniczenia finansowe	Brak materiału, niski poziom zasobów, możliwość braku realizacji dostawy, opóźnienia w produkcji, zatrzymanie produkcji	Prawdopodobne w przypadku małej ilości dostawców, mało prawdopodobne w przypadku współpracy z alternatywnymi dostawcami	Brak dostawy, opóźnienia w dostawie, dostawa na czas	Kontrola dostaw i ich realizacji, nawiązanie współpracy z alternatywnymi dostawcami

Symulacyjnie poddano ewaluacji zagrożenie odnoszące się do wysokiego poziomu strat (odpadów). W przypadku przekroczenia wartości granicznej, tj. przyjętej, dopuszczalnej wartości kryterium oceny, ustalonej na poziomie 10% odpadów, powinny zostać podjęte działania naprawcze. W przypadku utrzymania się poziomu strat na stałym, kontrolowanym poziomie, powinny zostać podjęte działania zachowawcze i monitorujące poziom ryzyka, w celu utrzymania go na danym poziomie. Istotnym jest jeżeli wystąpił scenariusz obniżenia poziomu strat. W takim przypadku należy poddać analizie przyczyny obniżenia poziomu strat i wykorzystać zdobytą wiedzę do adaptacji w procesach produkcyjnych.

Tabela 4  
Ewaluacja ryzyka.

Ewaluacja ryzyka: wysoki poziom strat (odpadów)		
Rodzaj scenariusza	Decyzja	Proponowane działania
Wzrost poziomu strat	Podjęcie działań naprawczych mających na celu ograniczenie zagrożenia	Analiza procesów, identyfikacja powodów wzrostu poziomu strat, ponowne zaprojektowanie procesów, dostosowanie wyposażenia technologicznego, zaprojektowanie procesów odzyskiwania odpadów i ich wykorzystania w produkcji.
Utrzymanie poziomu strat	Monitorowanie i raportowanie	Utrzymanie parametrów na podobnym poziomie, stała kontrola i monitorowanie procesów
Spadek poziomu strat	Monitorowanie i badanie	Zbadanie powodu obniżenia poziomu strat oraz wnioskowanie i określenie możliwości zaadaptowania w procesach produkcyjnych

## 6. Podsumowanie i wnioski

Biorąc pod uwagę możliwość zastosowania znanych z literatury przedmiotu metod identyfikacji zagrożeń oraz analizy i oceny ryzyka, dopasowanie odpowiedniej metody do oczekiwań przedsiębiorstwa może być procesem długotrwałym i wymagającym odpowiedniego przygotowania merytorycznego. W celu ułatwienia procesu zarządzania ryzykiem oraz nadania uniwersalnego charakteru, powinny być prowadzone badania i prace w kierunku stworzenia modelu oraz metody zarządzania ryzykiem w ujęciu całościowym i wielofunkcyjnym. W niniejszym artykule po przeanalizowaniu dostępnych metod analizy, zaproponowano model zgodny z aktualnymi wymaganiami normy PN ISO 31000:2018. Stanowi on wstęp do dalszych badań nad kompleksowym systemem decyzyjnym pozwalającym na całościowe zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Wymagania nowej normy zarządzania ryzykiem wprowadzają nowe pojęcia i procedury. Pojawia się istotna postać interesariusza, która powinna być rozpatrywana w kategorii stron współpracujących z instytucją. Jako strona zainteresowana, w pewnym stopniu oddziałuje na organizację, chociażby stawiając pewne

warunki odnoszące się do jakości, bezpieczeństwa czy terminu realizacji rzeczowego zlecenia. Przedsiębiorstwo nawiązując współpracę z podmiotem, zobowiązuje się na określonych warunkach realizować zleczone działania. Tym samym to po stronie organizacji przyjmującej zlecenie jest zapewnienie odpowiednich zasobów technologicznych, materiałowych, ludzkich i procesowych. Nie jest możliwym pominięcie interesariusza, ponieważ może być on strategicznym podmiotem współpracującym lub chociażby klientem bezpośrednim organizacji, który to jest podstawowym źródłem dochodu przedsiębiorstwa.

Zarządzanie ryzykiem jest procesem iteracyjnym. Oprócz diagnozy sytuacji przedsiębiorstwa w danych obszarach, możliwa jest ocena możliwości oraz prognoza przyszłych skutków wystąpienia danego ryzyka. Podstawą zarządzania ryzykiem jest zaprojektowanie działań prewencyjnych i naprawczych. Odpowiednie prognozowanie oraz projektowanie działań naprawczych pozwoli organizacji ograniczyć liczbę niezaplanowanych potencjalnych sytuacji zagrożenia.

## Literatura

- [1] Bęczkowska S. i in., *Model oceny ryzyka w drogowym transporcie towarów niebezpiecznych – wybrane zagadnienia*, W: Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 96, Transport 2013, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu.
- [2] Bizon-Górecka J., *Modelowanie struktury systemu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie – ujęcie holistyczne*, TNOiK Oddział Bydgoszcz, Bydgoszcz, 2007.
- [3] Bizon-Górecka J., *Praca kierownicza w przedsiębiorstwie zarządzanym procesowo*, [w:] Problemy pracy kierowniczej we współczesnym przedsiębiorstwie (Krzakiewicz K., Red.) TNOiK Oddział Poznań, Poznań, 2008.
- [4] *Meritum, Bezpieczeństwo i higiena pracy*, Wolters Kluwers, Warszawa, 2017.
- [5] Murray-Webster R., *Management of risk: guidance for practitioners*, Office of Government Commerce, Wielka Brytania, 2010.
- [6] Osińska M., *Model oceny ryzyka w działalności firmy logistycznej – uwagi metodyczne*, [w:] Logistyka – Nauka, wyd. 5/2014.
- [7] Skorupka D., *Wybrane metody identyfikacji czynników ryzyka na tle cyklu życia projektu i budowlanego procesu inwestycyjnego*, Zeszyty Naukowe WSOWL, Nr 4 (162), 2011.
- [8] Sokołowska J. i in., *Empiryczna trafność dymensjonalnego modelu oceny ryzyka*, [w:] Przegląd Psychologiczny, 44, 4, 425–443, 2001.
- [9] Zawila-Niedźwiecki J., *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym w zapewnieniu ciągłości organizacji*, edu-Libri, Warszawa-Kraków, 2013.
- [10] <http://www.zarz.agh.edu.pl/bsolinsk/fmea.html> [dostęp: 10.02.2019 r.].