

## ZASTOSOWANIE METODY RCA DO ANALIZY AWARII W PRZEMYSŁE NA PRZYKŁADZIE ELEKTROWNI

*Radosław WOLNIAK*  
*Politechnika Śląska*

### WPROWADZENIE

Problematyka awaryjności jest szeroko obecna we współczesnym zarządzaniu jakością. Jedną z metod, którą w praktyce często stosuje się do analizy awaryjności jest metoda Analizy Przyczyn Źródłowych – z angielska RCA (Root Cause Analysis). Wykorzystanie metody pozwala określić przyczyny wystąpienia awarii oraz określić metody zapobiegania występującym problemom. Celem publikacji jest analiza wykorzystania metody do analizy problemu awarii oraz prezentacja praktycznych implikacji wynikających z jej zastosowania.

### METODA RCA - ANALIZY PRZYCZYN ŹRÓDŁOWYCH - WPROWADZENIE TEORETYCZNE

Metoda RCA (Root Cause Analysis) jest analizą przyczyn źródłowych, jest ona niezależną i kompletną metodą analizy ryzyka, służącą do badania, identyfikacji oraz sklasyfikowania przyczyn źródłowych zdarzeń zagrażających zakładowi pracy. Metoda ta jest zestawem narzędzi, podejść i procesów do przeprowadzenia analizy różnego rodzaju awarii a jej rezultatem jest znalezienie przyczyn źródłowych ich powstawania [7].

RCA jest metodyką rozwiązywania problemów ukierunkowaną na identyfikowanie źródeł przyczyn problemów lub zdarzeń. Skuteczność tej metodyki wynika z eliminowania rzeczywistych przyczyn problemów, w przeciwieństwie do likwidacji jedynie symptomów. Poprzez kierowanie działań naprawczych i odpowiednich środków we właściwe miejsca, można spodziewać się, że prawdopodobieństwo powtarzania się problemu będzie zminimalizowane. Uznaje się, że całkowite zapobiegnięcie powtarzaniu się przyczyny przez pojedynczą interwencję nie jest zawsze możliwe. W ten sposób RCA często brana jest pod uwagę, jako wielokrotny proces i często jest postrzegana, jako narzędzie ciągłej poprawy [1].

Analiza RCA zakłada, że wszystkie zdarzenia są ze sobą powiązane, działanie w jednym z obszarów powoduje bowiem skutki w innych obszarach. Poprzez śledzenie działań wstecz, można dowiedzieć się gdzie problem miał miejsce. Metodę tą można zastosować prawie do każdej sytuacji, gdy potrzeba szczegółowo przeanalizować przyczyny błędów [5].

W ramach metody RCA stosuje się inne metody i narzędzia zarządzania jakością zestawione w różnych układach. Do najczęściej stosowanych metod i narzędzi w metodzie RCA zalicza się: metodę FMEA, 5-Why, diagram Ishikawy, itp. [3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12].

## OPIS I PRZEBIEG AWARII

Nastąpiło wyłączenie z ruchu pompy głównej PG-22 spowodowane zadziałaniem zabezpieczenia od spadku ciśnienia na ssaniu pompy. Po stwierdzeniu braku przepływu wody zasilającej, podjęto natychmiastowe działanie dążące do odstawienia bloku. Następnie natychmiastowo wygaszono blok za pomocą przycisku „wyłącz paliwo”. Po osiągnięciu minimalnego poziomu wody w walczaku, wyłączono awaryjnie kocioł. Po stwierdzeniu zalania pomp zasilających na bloku 1 przez rozszczelnienie rurociągów bloku nr 2, przystąpiono do odstawiania bloku 1. Po zakończeniu czynności związanych z odstawieniem bloków, przystąpiono do wizji lokalnej rejonu awarii.

## ANALIZA METODĄ 5-WHY

Za pomocą metody „5 Why” zadawano pytania, począwszy od pytania „Kiedy nastąpiła awaria” dążono do postawionego celu, którym było odpowiedzenie na pytanie czy postój ten musiał zaistnieć, co się stało, jakie zaistniały problem miał skutki dla przedsiębiorstwa, jaka była skala problemu, oraz poprzez zadawanie pytania „dlaczego?” dążono do sytuacji w której można było stwierdzić pierwotną przyczynę problemu. W analizie poprzez 9-krotne zadanie pytania „dlaczego?” stwierdzono źródło problemu, którym była nadmierna deformacja spowodowana niewłaściwym procesem wytwórczym rur i prefabrykacją kolan. W dalszej analizie przedstawiono krótką charakterystykę problemu a następnie kolejne pytania dlaczego wraz z odpowiedziami.

- Kiedy nastąpiła awaria?

Awaria nastąpiła na popołudniowej zmianie o godzinie: 15:38

- Co się stało?

Pompa zasilająca główna wypadła z ruchu, następnie był słyszalny duży huk oraz nastąpił wydmuch pary co świadczyło o rozerwaniu rurociągu wody zasilającej.

- Jaka jest skala problemu?

Problem polegał na odstawieniu awaryjnym bloku co powoduje zniżenie mocy w krajowej bazie mocy dyspozycyjnej.

- Jaki to stwarza problem dla przedsiębiorstwa?

Postój awaryjny bloku stwarza dla zakładu pracy przestój w pracy 2 bloków mocy 125 MW co w konsekwencji spowodowało kosztowną naprawę i konieczność przywrócenia elementów do użyteczności. Awaria ta spowodowała postój dwóch bloków na okres 16 dni.

Za pomocą pytania „dlaczego?” spróbowano dotrzeć do źródła problemu.

- Dlaczego wypadł blok

Ponieważ wypadła pompa główna

- Dlaczego wypadła pompa główna

Ponieważ zadziałało zabezpieczenie od spadku ciśnienia na ssaniu pompy

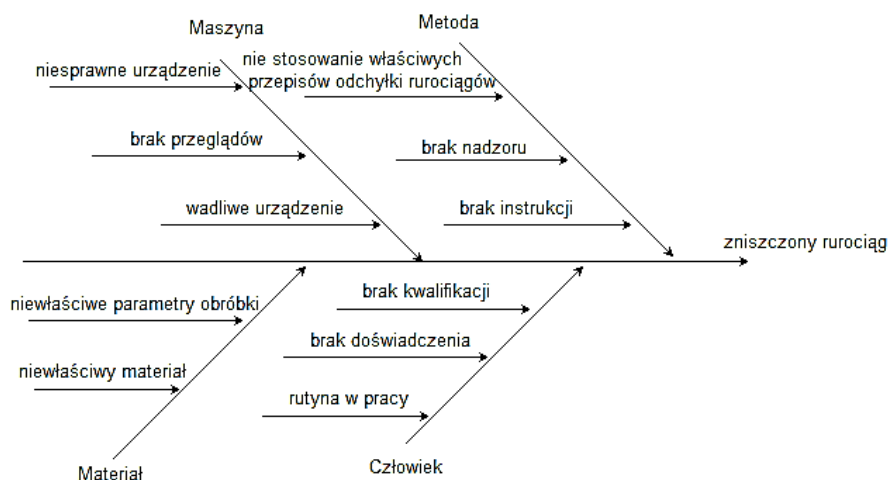
- Dlaczego zadziałało zabezpieczenie od spadku ciśnienia na ssaniu pompy?

Ponieważ rozerwał rurociąg wody zasilającej

- Dlaczego rozerwało rurociąg wody zasilającej?  
Ponieważ na rurociągu występowały pęknięcia o charakterze rozległych rozwarstwień materiału od strony wewnętrznej
- Dlaczego występowały pęknięcia?  
Ponieważ rurociąg posiadał deformację i wady kształtu
- Dlaczego rurociąg posiadał wady kształtu?  
Ponieważ awaria miała miejsce na odcinku rurociągu w rejonie niewielkiej zmiany jego kształtu – kolano rozwarłe o małym kącie gięcia.
- Dlaczego w tym miejscu rurociąg miał taki kształt?  
Ponieważ miejsce jego zabudowy na to wskazuje, zamocowano tam nieodpowiedni system mocowań.
- Dlaczego zamontowano taki układ mocowań?  
Ponieważ w latach sześćdziesiątych minionego stulecia nie obowiązywały jeszcze przepisy ograniczające dopuszczalne odchyłki kształtu rurociągów do 8%.
- Dlaczego zatem rurociąg uległ zniszczeniu?  
Ponieważ nastąpiła nadmierna deformacja, która spowodowana była niewłaściwym procesem wytwórczym rur i prefabrykacją kolan.

## DIAGRAM ISHIKAWY

Następnie przeanalizowano awarię wykorzystując uproszczoną wersję diagramu Ishikawy (rys. 1). Pozwoliło to stwierdzić, że czynnikiem najczęściej inicjującym awarię jest błąd w układzie człowiek-praca, determinowany niekorzystnymi warunkami występującymi na stanowisku pracy.



Rys. 1 Diagram Ishikawy

Źródło. [2].

## ZASTOSOWANIE METODY FMEA

Badając awarię za pomocą metody FMEA założono, iż potencjalną wadą były nieodpowiednie właściwości wytrzymałościowe materiału. Skutkami wystąpienia awarii

mogło być niebezpieczeństwo dla pracowników znajdujących się w rejonie awarii jak również możliwość wydostania się czynnika na zewnątrz, co mogłoby by doprowadzić do tragedii. Po zidentyfikowaniu potencjalnych wad należało zastosować działania zapobiegawcze mające wpływ na wyeliminowanie wady w przyszłości, między innymi poprzez częstszą i bardziej szczegółową kontrolę procesu technologicznego i umieszczenie dodatkowych tablic ostrzegawczych na rurociągach.

Dzięki zastosowaniu działań na rzecz poprawy wykrywalności wady współczynnik poziomu ryzyka WPR został obniżony do bezpieczniejszej granicy, nastąpiła skuteczna poprawa, co w przyszłości odniesie pozytywne skutki. W ramach uproszczonej wersji analizy FMEA wyznaczono sposób oznaczenia usterek za pomocą szacowania punktowego w trzech kryteriach „Zn”, „Cz”, „Wy” gdzie: Znaczenie „Zn” oznacza konsekwencje dla klienta, jakie niesie wystąpienie wady. Częstotliwość „Cz” wystąpienia wady. Wykrywalność „Wy” oznacza prawdopodobieństwo wykrycia wady w przedsiębiorstwie. Za pomocą tych trzech kryteriów wyznacza się współczynnik poziomu ryzyka  $WPR = Zn \times Cz \times Wy$ .

Tabele (1 oraz 2), do doboru poszczególnych liczb priorytetowych przyjęto za literaturą przedmiotu, w szczególności [10].

**Tabela 1 Analiza FMEA**

Potencjalna wada	Potencjalne skutki wady	Potencjalne przyczyny wady	Działania zapobiegawcze	Zn	Cz	Wy	WPR
Nieodpowiednie właściwości wytrzymałościowe materiału (zniszczony rurociąg)	- niebezpieczeństwo dla pracowników wydziału Ruchu Bloków w przypadku wad ukrytych - konieczność dokonania poprawek - możliwość wydostania się czynnika na zewnątrz	- niewłaściwie prowadzony proces technologiczny	- częstsza i bardziej szczegółowa kontrola procesu technologicznego	8	9	1	<b>81</b>
		- niewłaściwe parametry obróbki	- kontrola narzędzi do obróbki, poprawne ustawienie automatyki narzędzi skrawających	8	9	4	<b>288</b>
		- brak identyfikacji wyrobu	- umieszczenie dodatkowych informacji na każdym rurociągu	8	9	1	<b>72</b>

Źródło. [2].

**Tabela 2 Działania zapobiegawcze**

Działania na rzecz poprawy wykrywalności wady	Zn	Cz	Wy	WPR
- analiza całego procesu z uwzględnieniem zjawisk zachodzących podczas nowego procesu	4	2	1	<b>8</b>
- weryfikacja dostawców wraz z przeprowadzeniem audytu celem sprawdzenia jakości dostarczanych materiałów i narzędzi	2	4	2	<b>16</b>
- zastosowanie nowych sposobów znakowania rurociągów tabliczkami znamionowymi	8	3	1	<b>24</b>

Źródło. [2].

Działania podjęte w ramach uproszczonej metody FMEA pozwolą na uzyskanie poprawionych (zmniejszonych) wartości współczynnika WPR.

## PODSUMOWANIE

Za pomocą użytych narzędzi zostały przeprowadzone analizy, w wyniku których można było dążyć do określenia pierwotnych przyczyn wystąpienia awarii. Określono źródło problemu i zastosowano szereg korekt zapobiegających powstawaniu problemu w przyszłości. W wyniku zastosowania metody „5 Why” odpowiedziano sobie na szereg pytań dotyczących dlaczego awaria miała miejsce, dotarto do źródła wystąpienia awarii, następnie za pomocą diagramu Ishikawy zbadano każdą awarię.

Diagram Ishikawy pomógł odpowiedzieć na pytanie, co miało wpływ na powstanie awarii. Okazało się, że w dużej mierze to człowiek odpowiada za powstanie problemu, często jest ona spowodowana brakiem kompetencji pracownika na danym stanowisku, brakiem doświadczenia oraz narażeniem na stres spowodowany niecodzienną sytuacją.

W ostatnim etapie, za pomocą metody FMEA, przeanalizowano każdą z awarii. Znając potencjalne przyczyny można było wyznaczyć działania zapobiegawcze, które mają za zadanie zminimalizować wystąpienie problemu w przyszłości. Obliczono wskaźnik WPR dla każdej opisywanej awarii, następnie wyznaczono działania na rzecz poprawy wykrywalności wady, mające na celu możliwość zidentyfikowania problemu o wiele wcześniej i powstrzymania negatywnych skutków wystąpienia awarii. W wyniku zidentyfikowania wady wcześniej poprzez zastosowanie odpowiednich narzędzi można ograniczyć w przyszłości problemy występujące w urządzeniach.

Uzyskane wyniki mają bezpośrednie implikacje praktyczne. Zastosowanie zaproponowanych działań zapobiegawczych takich jak: analiza całego procesu z uwzględnieniem zjawisk zachodzących podczas nowego procesu, weryfikacja dostawców wraz z przeprowadzeniem audytu celem sprawdzenia jakości dostarczanych materiałów i narzędzi oraz zastosowanie nowych sposobów znakowania rurociągów tabliczkami znamionowymi pozwoli na ograniczenie skutków wystąpienia awarii co w efekcie będzie prowadzić do ograniczenia kosztów związanych ze zniszczonym rurociągiem.

## LITERATURA

1. Analiza przyczyn źródłowych. TQM Soft Kraków, materiały szkoleniowe.
2. Dworak P. „Zastosowanie analizy RCA (Root Cause Analysis) na podstawie wybranej awarii w TAURON WYTWARZANIE – Oddział Elektrownia Łaziska”, praca dyplomowa napisana pod kierunkiem naukowym R. Wolniaka, Gliwice 2015.
3. Gajdzik B., Sitko J.: “An analysis of the causes of complaints about steel sheets in metallurgical product quality management systems” *Metalurgija* 2014 vol. 53 iss. 1, s. 135-138.
4. Janicki P., Trajdos M. „Metoda analizy przyczyn źródłowych w praktyce serwisowej maszyn elektrycznych – zagadnienia wybrane” *Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne*, nr 1, 2012, s. 111-114.
5. Janicki P., Trajdos M. „Metoda analizy przyczyn źródłowych w praktyce serwisowej maszyn elektrycznych – zagadnienia wybrane” *Napędy i Sterowanie*, nr 4 2013, s. 65-69.
6. Łuczak J., Matuszczak-Flejszman A. „Metody i techniki zarządzania jakością, Kompendium wiedzy”, Quality Progress, Poznań 2007.

7. Root Cause Failure Analysis EASA St. Louis Missouri USA 2004.
8. Wolniak R. "Effectivency of use of FMEA method in an industrial enterprise"  
*Technická Diagnostyka*, nr 1 2013.
9. Wolniak R. „Wspomaganie metody FMEA w przedsiębiorstwie produkcyjnym”,  
*Problemy Jakości*, nr 1 2011, s. 15-21.
10. Wolniak R., Skotnicka B.: „Metody i narzędzia zarządzania jakością - Teoria  
i praktyka cz. 1”, Wydawnictwo Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2011.
11. Wolniak R., Skotnicka-Zasadzień B. „Wykorzystanie komputerowego wspomaganie  
w zakresie metody 5 Why w Przemysle” w *Innowacje w inżynierii produkcji*, Polskie  
Towarzystwo Zarządzania Produkcją 2011, s. 570-581.
12. Zasadzień Z., Radomski D. „Porównanie wybranych narzędzi służących badaniu  
niezgodności wyrobów”, w: *Koncepcje zarządzania jakością, doświadczenia i  
perspektywy*, red. T. Sikora, Wydawnictwo uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków  
2008, s. 587-593.

*Data przesłania artykułu do Redakcji: 04.2017*

*Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 05.2017*

**dr hab. inż. Radosław Wolniak, prof. Pol. Śl.**

Politechnika Śląska

Wydział Organizacji i Zarządzania

Instytut Inżynierii Produkcji

ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze, Polska

tel.: +48 534538177, e-mail: [rwolniak@polsl.pl](mailto:rwolniak@polsl.pl)

## ZASTOSOWANIE METODY RCA DO ANALIZY AWARII W PRZEMYSŁE NA PRZYKŁADZIE ELEKTROWNI

**Streszczenie:** W publikacji przedstawiono koncepcję wykorzystania metody RCA do analizy awarii na przykładzie elektrowni. W dzisiejszych czasach gdzie pośpiech gra wielką rolę mało kto próbuje dotrzeć do przyczyn źródłowych awarii. Metoda RCA (Root Cause Analysis) jest analizą przyczyn źródłowych, jest ona niezależną i kompletną metodą analizy ryzyka, służącą do badania, identyfikacji oraz sklasyfikowania przyczyn źródłowych zdarzeń zagrażających zakładowi pracy. Celem publikacji jest zbadanie korzyści płynących z zastosowania analizy RCA jako reaktywnej metody identyfikowania przyczyn, odkrywania problemów i ich rozwiązywania w firmie.

**Słowa kluczowe:** analiza RCA, analiza awaryjności, metoda FMEA, diagram Ishikawy, metoda 5-Why

## APPLICATION METHODS FOR ANALYSIS CAR ACCIDENT IN INDUSTRY ON THE EXAMPLE OF POWER

**Abstract:** The paper presents the concept of using the RCA method to failure analysis on the example of power plant. Nowadays, where the speed plays a big role in business, it's not easy to get to the root causes of failure. RCA Method (Root Cause Analysis) is an analysis of root causes, it is an independent and comprehensive method of risk analysis used to study, identify and classify the root causes of incidents establishment in the work. The aim of the publication is to examine the benefits of using the analysis of RCA as a reactive method of identifying the causes, discovering problems and solving them in the company.

**Key words:** RCA analysis, FMEA analysis, Ishikawa diagram, 5-Why method