

## 10. Tryby awarii

W poprzednim rozdziale wyjaśniono, że użycie terminu „awaria” w odniesieniu do całego zasobu jest zarówno niejasne, jak i zbyt uproszczone. Jak wspomniano RCM precyzyjnie rozróżnia awarie, które powodują nieprawidłowe działanie zasobu (systemu, maszyny, obiektu). Kolejnym krokiem procesu RCM jest ustalenie, co konkretnie zakłóca lub uniemożliwia prawidłowe działanie zasobu. Określa się to mianem Trybu Awarii (ang. „Failure mode”).

***Tryb Awarii jest to każde zdarzenie, które powoduje awarię funkcjonalną.***

Opisy trybów awarii powinny składać się: z **rzeczownika** i **przymiotnika** — np. „zablokowany filtr”, „pęknięty wał” itp. Często, aby dokładnie scharakteryzować tryb awarii, jego opis powinien dokładnie wskazywać powód awarii: „zablokowany zawór w pozycji zamkniętej z powodu korozji”. Opisywanie trybów awarii w ten sposób pozwala na skuteczniejszą analizę przyczyn i opracowanie odpowiednich strategii zapobiegawczych.

Ważne jest odróżnienie samej awarii funkcjonalnej (czyli stanu, w którym zasób przestaje spełniać swoją funkcję), od trybu awarii, czyli zdarzenia, które do tego stanu doprowadza. Przykładowo, awarię funkcjonalną pompy może być jej „niezdolność do dostarczania odpowiedniego ciśnienia”, a trybem awarii może być „poluzowane śruby z powodu zmęczenia materiału”.

### 10.1 Zapisywanie trybów awarii

Tryby awarii zapisuje się w trzeciej kolumnie arkusza Informacyjnego RCM.

	Funkcja		Awaria Funkcjonalna	Tryb Awarii	Rezultat Awarii
1	Zdolność do Pompowania wody ze zbiornika X do zbiornika Y z wydajnością 400 l/min	A	Całkowita niezdolność do pompowania wody	1 Spalony silnik 2 Zatarte łożysko 3 Zablokowany wirnik	
		B	Niezdolność do pompowania wody z wydajnością 400 l/min	1 Zużyty wirnik 2 Zapchany filtr 3 Nagromadzone zanieczyszczenia w rurociągu	

*Rys. 10.1 – Rejestrowanie Trybów Awarii*

Każdy tryb awarii jest jednoznacznie identyfikowalny poprzez kod trzech znaków: Nr Funkcji, Typ Awarii Funkcjonalnej oraz nr Trybu awarii, np.: 1A1 – To „Spalony silnik”. 1B2 – To „Zapchany filtr” i oznacza drugi tryb awarii funkcjonalnej „B”.

Dane zapisywane do arkusza informacyjnego RCM są podstawą do przeprowadzenia analizy FMEA (**F**ailure **M**odes and **E**ffects **A**nalysis - Analiza trybów i rezultatów awarii), która jest kluczowym narzędziem w procesie RCM. Definiując funkcje zasobu oraz standardy jego wydajności, określa się podstawowe cele jego konserwacji.

Każdy zasób może ulec awarii z wielu powodów – od pojedynczych komponentów po złożone systemy obejmujące setki elementów. Analiza trybów awarii (FMEA) pomaga zidentyfikować potencjalne przyczyny awarii, oceniając ich wpływ na działanie zasobu. To kluczowy element zarówno reaktywnego, jak i proaktywnego zarządzania niezawodnością.

Zarówno codzienne planowanie konserwacji, jak i analiza danych historycznych systemów technicznych opierają się na identyfikacji przyczyn awarii. Brak analizy trybów awarii może prowadzić do powtarzających się problemów i nieefektywnego zarządzania zasobami. Proaktywne podejście, czyli identyfikacja potencjalnych przyczyn przed ich wystąpieniem, umożliwia z kolei redukcję ryzyka awarii oraz lepsze planowanie działań konserwacyjnych.

## 10.2 Trzy źródłowe przyczyny awarii

W kontekście zarządzania utrzymaniem ruchu, błędne jest postrzeganie konserwacji wyłącznie jako przeciwdziałania degradacji zasobów. Analiza FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) powinna uwzględniać wszystkie potencjalne źródła awarii, takie jak degradacja, błędy ludzkie czy wady projektowe, ponieważ naturalne zużycie eksploatacyjne jest tylko jednym z wielu czynników prowadzących do awarii. Zignorowanie innych przyczyn może prowadzić do niekompletnej strategii utrzymania ruchu.

O ile powodów różnych awarii mogą być setki, o tyle przyczyn źródłowych awarii jest tylko TRZY<sup>8</sup>.

1. Gdy pierwotna zdolność zasobu spada poniżej oczekiwanej wydajności.
2. Gdy oczekiwana wydajność przewyższa pierwotne możliwości zasobu.
3. Gdy zasób od samego początku nie jest w stanie spełnić postawionych wymagań.

---

<sup>8</sup> „Reliability Centered Maintenance Second Edition”. Industrial Press. Moubay, J

**Pierwszą przyczyną źródłową awarii** jest sytuacja, kiedy to pierwotne możliwości zasobu, spadają poniżej oczekiwań użytkownika.



*Rys. 10.2 – Spadek możliwości względem oczekiwań*

Głównym powodem takiego stanu rzeczy są:

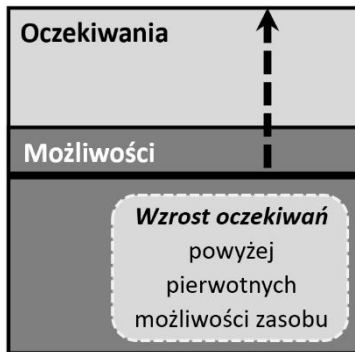
- Degradacja wskutek eksploatacji (parowanie, erozja, zmęczenie, tarcie, korozja, utlenianie itp.),
- Problem ze smarowaniem (brak smaru lub pogorszenie jego właściwości),
- Nagromadzenie się zanieczyszczeń (pył, brud, wskutek czego dochodzi zablokowania lub zacięcia mechanizmów maszyn, itp. W aspektach elektrycznych zanieczyszczenia mogą powodować zwarcie, problemu z odprowadzaniem ciepła, itd.)
- Destrukcyjna, rozpad (poluzowanie i odpadanie elementów konstrukcyjnych, takich jak śruby czy nity, pęknięcia spawów, itp),

rcm2.pl

- Błędy ludzkie zarówno po stronie eksploatacji jak i konserwacji, które powodują pogorszenie funkcjonalności zasobów.

Dzieje się tak wskutek prowadzenia niedostatecznej lub nieprawidłowej konserwacji zasobu, w tym braku prawidłowo określonych potrzeb konserwacyjnych (przeglądy konserwacyjne, monitoring stanu technicznego, planowe remonty, nieodpowiednia jakość materiałów konserwacyjnych np. części zamiennych, niekompetentny personel konserwacyjny). Aby uniknąć takich awarii, kluczowe jest wdrożenie odpowiednich działań konserwacyjnych, które zapobiegą spadkowi wydajności zasobów poniżej oczekiwań użytkowników.

**Drugą przyczyną źródłową awarii** jest sytuacja, gdy początkowo zasób działa zgodnie ze swoimi możliwościami, ale stopniowo zwiększające się wymagania przekraczają jego granice.



*Rys. 10.3 – Wzrost oczekiwań względem pierwotnych możliwości zasobu*

Może to prowadzić do awarii na dwa sposoby:

1. Oczekiwania dotyczące wydajności stają się zbyt wysokie, co sprawia, że zasób nie jest w stanie ich spełnić.
2. Przeciążenie zasobu przyspiesza jego proces degradacji, w rezultacie powodując, że staje się on nieużyteczny

Głównym powodem takiego stanu rzeczy są:

- Celowe, ciągłe przeciążenie: W niektórych branżach użytkownicy decydują się na intensywniejszą eksploatację maszyn w celu sprostania rosnącemu zapotrzebowaniu. Choć może to przynieść krótkoterminowe korzyści, w dłuższej perspektywie prowadzi do spadku niezawodności i częstszych awarii.
- Nagłe, przypadkowe przeciążenie: Takie sytuacje są wynikiem nieoczekiwanych wzrostów obciążenia, często spowodowanych błędami operacyjnymi lub zewnętrznymi uszkodzeniami.
- Nieprawidłowo dobrane lub zmienione materiały stosowane w procesie produkcyjnym mogą prowadzić do awarii funkcjonalnych. Problemy te obejmują niespełnienie wymagań technicznych (np. w zakresie twardości czy pH) lub zastosowanie niewłaściwych materiałów opakowaniowych. W obu przypadkach maszyny ulegają awariom lub działają nieprawidłowo, ponieważ nie są w stanie przetwarzać materiałów niespełniających specyfikacji.
- Lokalne zwiększanie przepustowości w całym ciągu technologicznym. Wiele zakładów produkcyjnych odpowiada na wzrastające zapotrzebowanie na ich towary, wdrażając programy mające na celu eliminację

tw. „wąskich gardeł” w produkcji. Celem tych działań jest zwiększenie efektywności produkcyjnej, na przykład poprzez modernizację poszczególnych urządzeń w liniach produkcyjnych, aby sprostać nowym wymaganiom. Jednak, ku rozczarowaniu inwestorów, takie inicjatywy często przynoszą więcej problemów niż korzyści. Wynika to z faktu, że niektóre mniejsze podsystemy lub komponenty są pomijane podczas modernizacji, co w skrajnych przypadkach prowadzi do wręcz katastrofalnych rezultatów.

Przeciążenia maszyn często prowadzą do napięć między działami operacyjnymi a zespołami utrzymania ruchu. Pracownicy operacyjni koncentrują się na maksymalnym wykorzystaniu zasobów, podczas gdy zespoły techniczne zwracają uwagę na ograniczenia maszyn. Obie perspektywy są uzasadnione, jednak ich różnice powodują konflikty.

W takich przypadkach same usprawnienia procedur konserwacyjnych nie rozwiązują problemu. Jeśli maszyna nie jest w stanie sprostać wymaganiom, należy podjąć bardziej strategiczne kroki:

- **Modernizacja zasobu** w celu zwiększenia jego możliwości technicznych.
- **Obniżenie oczekiwań** i dostosowanie ich do rzeczywistych możliwości maszyny

**Trzecią przyczyną źródłową awarii** jest sytuacja, kiedy oczekiwania użytkownika wykraczają poza zakres możliwości zasobu wprowadzanego do eksploatacji.



*Rys. 10.4 – Oczekiwania użytkownika wykraczają poza zakres możliwości zasobu wprowadzanego do eksploatacji*

Głównym powodem takiego stanu rzeczy są:

- Błędne założenia projektowe. Bardzo często dzieje się tak, wskutek niewystarczająco dokładnego wyspecyfikowania przez użytkownika kluczowych cech wydajnościowo – jakościowych, nowo wprowadzanego do eksploatacji zasobu (maszyna, instalacja, obiekt itd), a także po modernizacjach jakich dokonano na obecnie pracujących zasobach.
- Zmiana zastosowania (pierwotnego przeznaczenia) urządzenia.
- Niechciany efekt przeróbek instalacji,

Usuwanie tego typu przyczyn awarii jest wyjątkowo trudne i bardzo kosztowne bo wymaga w bardzo wielu przypadkach przeprojektowania i przerobienia działającego wadliwie zasobu. Zasadniczo im wcześniej wykryje się problem (np. na etapie projektowania) tym łatwiej (taniej) go skorygować (niż np. przeróbka fundamentów hali po jej wybudowaniu). Aby tego uniknąć, należy skuteczniej dostosowywać oczekiwania do możliwości na etapie

rcm2.pl

projektowania/zamawiania lub przeprowadzać instalację w sposób dokładny i przemyślany, biorąc pod uwagę wszystkie istotne aspekty (wydajność systemu, jakość produktu, energochłonność, wpływ na środowisko, wpływ na BHP itp.).

Generalnie druga i trzecia źródłowa przyczyna awarii, będzie dawała znać o sobie w sposób permanentny dopóki nie zostanie usunięta. Inny mi słowy do czasu usunięcia przyczyny źródłowej, konserwacja będzie w stanie tylko usuwać skutki awarii. W najlepszym przypadku sprawna konserwacja będzie mogła tylko zapobiegać cyklicznie powtarzającym się skutkom generowanym przez przyczynę źródłową.

### 10.3 Problemy „wieku dziecięcego”

Na omówione wyżej trzy źródłowe przyczyny awarii mają wpływ jeszcze inne czynniki. Dotyczy to między innymi tzw. problemów „wieku dziecięcego”<sup>9</sup>.

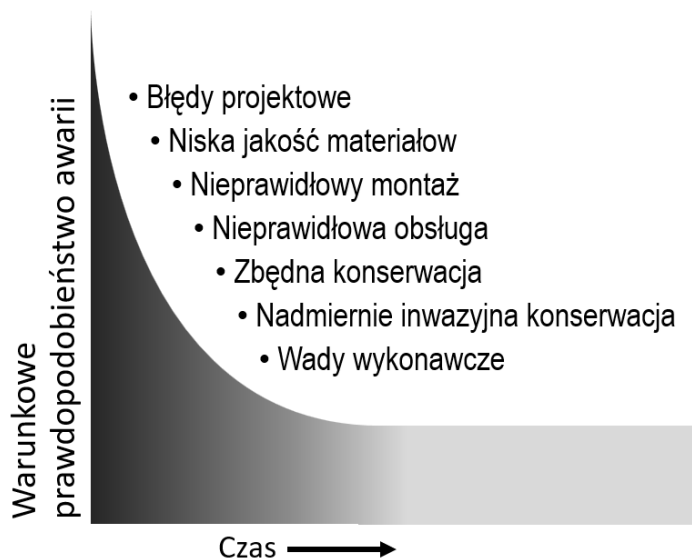
Dość często, w początkowym okresie eksploatacji nowo wprowadzonych systemów lub komponentów występuje zaskakująco duża liczba awarii. Zjawisko to wynika z faktu, że stan początkowy produktu może znajdować się bardzo blisko lub poniżej progu krytycznego, co prowadzi do natychmiastowej awarii po rozpoczęciu pracy.

---

<sup>9</sup> W terminologii angielskiej znane jako "infant mortality" (ang. śmiertelność niemowląt). Jest szeroko stosowane w przemyśle i technice do opisu zjawiska występowania podwyższonej liczby awarii w początkowym okresie życia produktu, systemu lub komponentu. Jest to analogia do wskaźnika śmiertelności niemowląt w demografii, ale w tym przypadku dotyczy urządzeń i systemów technicznych.

W niektórych przypadkach dzieje się tak również po wprowadzeniu produktu do eksploatacji po remoncie<sup>10</sup>, gdy nowo zainstalowane komponenty nie zostały odpowiednio przetestowane.

Rysunek 10.5 przedstawia typowe przyczyny tych awarii.



*Rys. 10.5 – Powody awarii „wieku dziecięcego”*

Awarie „wieku dziecięcego” są obecne we wzorcach „A” i „F” opisanych w rozdziale 2.3. Cechuje je wysoka awaryjność w początkowym okresie, która przechodzi w okres normalnego użytkowania o niskim i stabilnym wskaźniku awaryjności.

Awaryjność „wieku dziecięcego” jest jednym z najbardziej problematycznych etapów dla działów odpowiedzialnych za utrzymanie ruchu, ponieważ wymaga szybkiego wykrywania

---

<sup>10</sup> Tzw. „Efekt Waddingtona”.

i eliminacji wad. Istnieje jednak kilka metod pozwalających zminimalizować wystąpienie tego typu problemów, które należy dobierać adekwatnie do możliwości ich wystąpienia np.:

### **Planowanie i projektowanie**

- Dobór wysokiej jakości materiałów i urządzeń: Wybieranie sprawdzonych dostawców i komponentów, które przeszły rygorystyczne testy jakości.
- Projektowanie zgodne z najlepszymi praktykami: Zastosowanie standardów projektowych i symulacji, które pozwalają na identyfikację potencjalnych problemów na etapie projektowania.

### **Testowanie i inspekcje przed uruchomieniem**

- Factory Acceptance Test (FAT): Testy przeprowadzane u producenta w celu weryfikacji, że sprzęt spełnia wymagania projektowe.
- Site Acceptance Test (SAT): Testy instalacji i systemów na miejscu przed ich uruchomieniem.
- Inspekcje przed eksploatacyjne: Skrupulatna inspekcja mechaniczna, elektryczna oraz automatyki przed uruchomieniem.

### **Kompleksowe wdrożenie i procedury uruchomieniowe**

- Etapowe uruchamianie (phased commissioning): Rozpoczęcie od testów pojedynczych komponentów i systemów, a następnie pełne testy integracyjne.
- Testowanie dynamiczne: Symulacja pełnych warunków operacyjnych w celu oceny zachowania instalacji w warunkach obciążeniowych.

## **Wdrożenie programów pielęgnacyjnych i szkoleniowych**

- Szkolenie personelu: Zapewnienie szkoleń dla operatorów i techników w obsłudze nowej instalacji.
- Instrukcje obsługi i procedury awaryjne: Zapewnienie dostępnej i czytelnej dokumentacji zasobu dla zespołów operacyjnych.

## **Monitorowanie i analiza w pierwszym okresie eksploatacji**

- Condition Monitoring: Używanie systemów monitorowania warunków pracy (np. wibracje, temperatura, ciśnienie) w celu wczesnego wykrycia nieprawidłowości.
- Przeprowadzanie krótkich inspekcji okresowych: Częste przeglądy w pierwszym okresie eksploatacji mogą ujawnić potencjalne problemy.
- Analiza danych: Wczesne wykrywanie trendów awaryjnych za pomocą analizy danych w czasie rzeczywistym.

## **Zarządzanie i strategia konserwacji**

- Strategia konserwacji prewencyjnej i predykcyjnej: Wdrożenie systemów konserwacji zapobiegawczej oraz opartej na stanie technicznym urządzeń.
- Przeprowadzanie Root Cause Analysis (RCA): W przypadku awarii, analiza przyczyn źródłowych pozwala na identyfikację i eliminację czynników powodujących problemy.

### **Kontrola jakości dostaw i remontów**

- Ocena jakości wykonania remontu: Kontrola wymienionych części i zakresu przeprowadzonych prac przez dostawcę/remontowy personel.
- Certyfikacja materiałów i komponentów: Wszystkie materiały i komponenty używane podczas remontu powinny mieć odpowiednie certyfikaty i spełniać normy branżowe.

### **Symulacje i wirtualne uruchomienie**

- Digital Twin: Wykorzystanie tzw. „cyfrowych bliźniaków” w celu przewidywania problemów i testowania scenariuszy awaryjnych bez ryzyka uszkodzenia sprzętu.
- Symulacje komputerowe: Analiza przepływów, naprężeń i innych parametrów w systemach przed ich fizycznym uruchomieniem.

### **Zarządzanie zmianą w systemie**

- Zarządzanie ryzykiem operacyjnym: Przeprowadzanie analizy ryzyka przed każdą zmianą w instalacji.
- Rejestracja i nadzorowanie modyfikacji: Każda zmiana powinna być dokumentowana i oceniana pod kątem wpływu na niezawodność całego systemu.

### **Pierwszy planowany przegląd**

- Przegląd gwarancyjny: Ustalenie z dostawcą lub wykonawcą zakres gwarancji, która uwzględni wczesne przeglądy i naprawy w przypadku wystąpienia problemów.

- Krótki okres intensywnej obserwacji: Planowanie dodatkowych przeglądów w ciągu pierwszych kilku miesięcy od uruchomienia.

## 10.4 Błędy ludzkie

Bezpieczeństwo w pracy jest jednym z kluczowych obszarów zarządzania, zwłaszcza w branżach, gdzie używane są maszyny i urządzenia energetyczne. Jednak, nawet w najbardziej zaawansowanych systemach technologicznych, istnieje czynnik ryzyka, którego nie da się wyeliminować – czynnik ludzki. Błędy generowane przez ludzi są jednymi z najtrudniejszych do przewidzenia, gdyż najczęściej mają charakter losowy.

Popularny jest pogląd, że za większość awarii odpowiadają problemy techniczne, jednak bardzo wiele poawaryjnych analiz i raportów pokazuje, że czynniki ludzkie są jeszcze bardziej istotne. Konsekwencje błędów ludzkich mogą być bardzo poważne, zarówno dla bezpieczeństwa pracowników, jak i dla samej wydajności i funkcjonowania maszyn. Awaria jednej maszyny może prowadzić do zatrzymania całej linii produkcyjnej, powodując straty finansowe i reputacyjne dla przedsiębiorstwa. Ponadto, w skrajnych przypadkach, błędy ludzkie mogą prowadzić do wypadków śmiertelnych lub ciężkich obrażeń.

### **Błędy ludzkie można podzielić na cztery kategorie<sup>11</sup>:**

1. Antropometryczne: Są to błędy spowodowane, ponieważ osoba (lub część jej ciała — dłoń lub ręka):
  - nie może zmieścić się w danym miejscu,
  - nie może sięgnąć w dane miejsce.

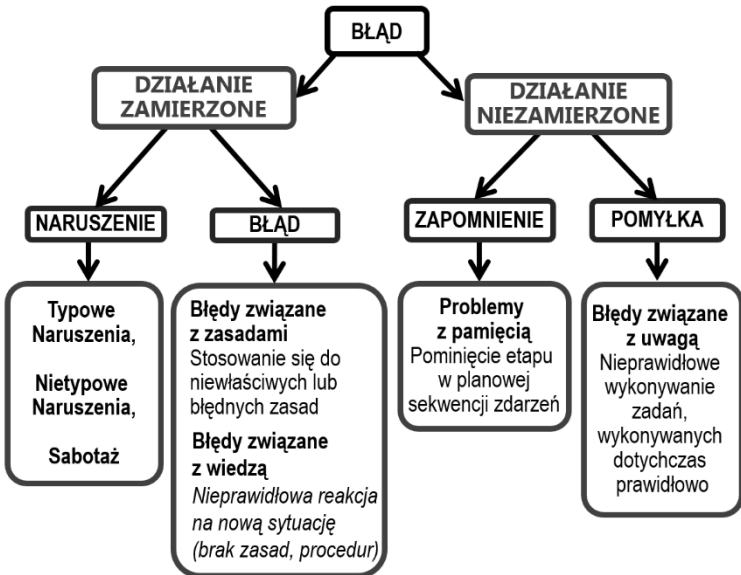
---

<sup>11</sup> „Reliability Centered Maintenance Second Edition”. Industrial Press. Moubay, J

rcm2.pl

- nie jest wystarczająco silna, by przenieść lub przemieścić dany element.
2. Sensoryczne: Błędy spowodowane problemami ze wzrokiem (pole widzenia, umiejętność rozróżniania kolorów) lub słuchem (poziom hałasu tła).
  3. Fizjologiczne: Błędy spowodowane obciążeniami środowiskowymi mogącymi ograniczyć skuteczność działania człowieka (temperatura, drgania, zmęczenie, wilgotność).
  4. Psychologiczne.

Same błędy psychologiczne również dzielą się na podgrupy:



*Rys. 10.6 – Psychologiczne błędy ludzkie*

Poniżej przedstawiono rozwinięcie głównych rodzajów błędów ludzkich klasyfikowanych przez RCM2:

1. Błędy ludzkie związane z brakiem wiedzy i umiejętności: Dotyczą sytuacji, w których personel odpowiedzialny za utrzymanie ruchu lub obsługę maszyn nie posiada wystarczającej wiedzy technicznej lub umiejętności praktycznych. Brak odpowiedniego szkolenia może prowadzić do nieprawidłowej obsługi, konserwacji lub diagnostyki, co z kolei może zwiększyć ryzyko awarii.
2. Błędy ludzkie wynikające z niewłaściwego podejmowania decyzji: Czasami pracownicy muszą podejmować szybkie decyzje w sytuacjach awaryjnych lub nietypowych. Błędne decyzje mogą być spowodowane brakiem jasnych procedur działania, nadmiernym zaufaniem do własnych przekonań lub zaniechaniem analizy ryzyka.
3. Zmęczenie i brak koncentracji: Długie godziny pracy, praca w nadgodzinach lub w warunkach stresu mogą prowadzić do zmęczenia personelu. Zmęczenie może obniżyć poziom uwagi i koncentracji, co zwiększa ryzyko popełnienia błędów podczas obsługi lub konserwacji maszyn.
4. Zaniechania w utrzymaniu ruchu: Zaniedbania w tym zakresie, takie jak niedokładne smarowanie, brak wymiany zużytych części czy ignorowanie sygnałów ostrzegawczych, mogą prowadzić do awarii maszyn.
5. Problemy komunikacyjne: Błędy w komunikacji, takie jak niejednoznaczne instrukcje, brak wymiany istotnych informacji pomiędzy pracownikami utrzymania ruchu a operatorami maszyn lub niezrozumienie komunikatów, mogą prowadzić do niebezpiecznych sytuacji.

6. Błędy ludzkie związane z nadmiernym zaufaniem do technologii: W dobie coraz bardziej zaawansowanych technologii, istnieje ryzyko, że personel może zbyt mocno polegać na systemach automatycznych lub monitoringu. Nadmierna pewność siebie może prowadzić do ignorowania sygnałów ostrzegawczych lub niewłaściwego korzystania z systemów diagnostycznych.

Jeśli wystąpienie jakiegokolwiek z tych błędów w będzie prawdopodobne, należy je uwzględnić w procesie FMEA, aby umożliwić oszacowanie konsekwencji i wdrożyć odpowiednie działania związane z zarządzaniem awariami na etapie podejmowania decyzji w analizie RCM2. Takie działanie zwykle przyjmuje postać zmiany jednorazowej:

- fizycznej konfiguracji zasobu (przeprojektowanie) lub,
- umiejętności konserwatora lub operatora (szkolenie) lub,
- zasad (zmiana procedur konserwacji lub obsługi)

### **Podsumowanie:**

Błędy ludzkie są jedną z najczęstszych przyczyn awarii maszyn i urządzeń. Metodologia RCM pozwala nie tylko identyfikować różnorodne rodzaje tych błędów, ale także opracowywać skuteczne strategie ich zapobiegania. Kluczowe działania to zapewnienie regularnych szkoleń technicznych dla personelu, wdrożenie przejrzystych i szczegółowych procedur operacyjnych, systematyczna analiza ryzyka oraz promowanie kultury bezpieczeństwa w organizacji. Dzięki tym środkom można znacząco ograniczyć ryzyko awarii spowodowanych czynnikiem ludzkim, jednocześnie zwiększając niezawodność i efektywność zasobów.

## 10.5 Poziom szczegółowości w opisie Trybów Awarii

Tryby awarii powinny być opisane na tyle szczegółowo, aby umożliwić wybór odpowiedniej strategii zarządzania awariami, jednak bez nadmiernego poświęcania czasu na analizę. Zbyt mała szczegółowość prowadzi do powierzchownych i potencjalnie niebezpiecznych wniosków, natomiast nadmierna szczegółowość może skutkować paraliżem analizy i znacznym wydłużeniem czasu jej trwania.



Rys. 10.7 – Potencjalne Tryby Awarii dla pompy

Optymalny poziom szczegółowości to taki, który umożliwi skuteczne wdrożenie polityki zarządzania awariami, uwzględniając realistyczne zagrożenia, potencjalne konsekwencje oraz dostępność danych i zasobów. W niektórych przypadkach wystarczające może być określenie trybu awarii jako „zatarte łożysko”. W innych konieczne będzie zidentyfikowanie przyczyny tej awarii, np. „użycie niewłaściwego smaru”. Analiza może sięgać jeszcze głębiej, wskazując przyczynę użycia nieprawidłowego smaru, np. „nieprawidłowo oznaczone pojemniki ze smarem na

warsztacie”. Celem takiej analizy jest dobór odpowiednich działań zapobiegawczych (adekwatnych do przyczyny awarii).

Przy zapisywaniu Trybów Awarii nie należy wymieniać **każdej możliwości** wystąpienia awarii **niezależnie** od jej **prawdopodobieństwa wystąpienia**.

W praktyce należy uwzględniać **tylko** te tryby awarii, których wystąpienie jest prawdopodobne w danym kontekście eksploatacyjnym (tzw. tryby „wiarygodne”).

Uwzględnia to tryby awarii, które:

1. Wystąpiły wcześniej w tym samym urządzeniu.
2. Są obecnie uwzględnione w programach konserwacyjnych PM.
3. Jeszcze nie wystąpiły, ale są uważane za prawdopodobne (np. wystąpiły na podobnym sprzęcie).
4. Nie wystąpiły wcześniej, są mało prawdopodobne ale ich konsekwencje będą katastrofalne.

Uwzględnienie trybów awarii tylko z powyższych czterech kategorii, pozwala na zachowanie spójności analizy.

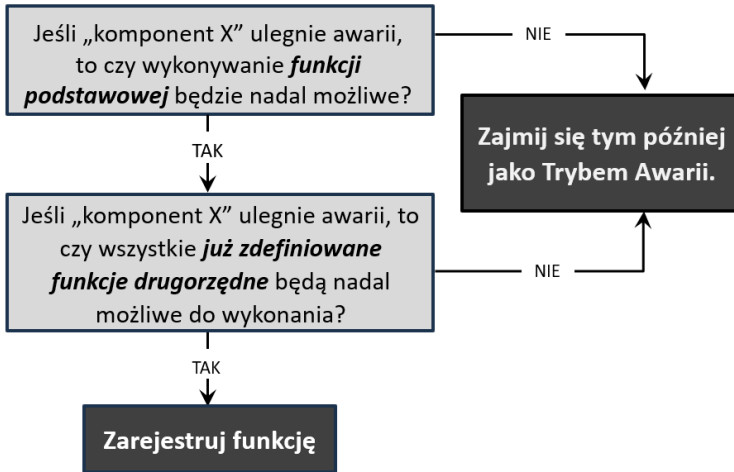
## 10.6 Funkcja czy Tryb Awarii...?

Dość często w trakcie analizy, pojawia się rozterka czy omawiany problem jest osobną Funkcją czy tylko Trybem Awarii do już zdefiniowanej funkcji.

W podjęciu prawidłowej decyzji pomaga poniższe kryterium<sup>12</sup>:

---

<sup>12</sup> „THE RCM Solution. A Practical Guide to Starting and Maintaining a Successful RCM Program”. Nanacy Regan. 2012



Rys. 10.8 – Kryterium decyzji Funkcja czy Tryb Awarii

**Przykład:** System Wózka Widłowego ze zdefiniowaną funkcją podstawową: „Zdolność do podnoszenia i przenoszenia ładunków o masie do 2 ton na wysokość do 3m”.



Rys. 10.9 – Wózek widłowy

Bazując na kryterium z rysunku 10.8 ustalić, czy zespół prowadzący analizę RCM powinien zapisać funkcję wideł i funkcję światła ostrzegawczego w arkuszu informacyjnym RCM?

Dla Wideł – **NIE**, ponieważ widły podnoszące są kluczowe dla realizacji podstawowej funkcji wózka widłowego. W przypadku awarii wideł (np. pęknięcie, deformacja) podstawowa funkcja wózka (podnoszenie i przenoszenie ładunków) nie mogłaby być zrealizowana. Widły podnoszące powinny zatem zostać uwzględnione w analizie jako Tryb Awarii funkcji podstawowej.

Dla Światła ostrzegawczego – **TAK**, ponieważ awaria światła ostrzegawczego nie uniemożliwia podnoszenia i przenoszenia ładunków – funkcji podstawowej wózka widłowego. Światło ostrzegawcze ma jednak istotną funkcję dodatkową: zapewnia bezpieczeństwo pracy poprzez ostrzeganie osób w otoczeniu. Dlatego funkcja światła ostrzegawczego powinna zostać zapisana w analizie RCM jako funkcja drugorzędna wpływająca na bezpieczeństwo pracy.

## 10.7 Różne tryby awarii

Podczas identyfikowania trybów awarii powiązanych z jedną funkcją kluczową jest ich wyraźne rozdzielenie. Należy unikać łącznego ich zapisywania, np.

**Tryb awarii:** „Zatarte lub uszkodzone łożysko wentylatora”.

W takim przypadku konieczne jest wyszczególnienie każdego trybu oddzielnie, ponieważ różne przyczyny awarii wymagają odmiennych działań zapobiegawczych.

Przykładem mogą być dwa następujące tryby awarii:

1. **Zatarte łożysko** wskutek braku smarowania.
  - Działanie zapobiegawcze: Okresowo (np. co dwa tygodnie) aplikować 5 g smaru do łożyska.
2. **Uszkodzone łożysko** wskutek normalnego zużycia.
  - Działanie zapobiegawcze: Dokonywać pomiaru wibracji łożyska w cyklu obchodowym (np. co 2 tygodnie). W przypadku stwierdzenia podwyższonego poziomu drgań (wg. normy ISO 10816) - wymienić łożysko.

Celem procesu RCM jest wyodrębnienie poszczególnych trybów awarii po to, aby możliwe było zastosowanie adekwatnych działań zapobiegawczych. W powyższym przykładzie należy zauważyć, że różna będzie także częstotliwość występowania wymienionych trybów. Do zatarcia łożyska wskutek braku smarowania może dojść już po miesiącu, gdy zużyje się pierwotna dawka smaru, a do uszkodzenia łożyska wskutek normalnego zużycia (przy założeniu, że było prawidłowo smarowane) nawet po kilku latach.

Taka szczegółowość<sup>13</sup> w wymienianiu trybów awarii pozwala na minimalizację ryzyka i skuteczne planowanie działań konserwacyjnych.

---

<sup>13</sup> Zdarzają się przypadki zapisywania „łączonych” trybów awarii jeśli z założenia wiadomo, że ich wystąpieniu zapobiegać będzie się w ten sam sposób. Więcej informacji w rozdziale 11.3.