

FMEA

ANALIZA PRZYCZYŃ I SKUTKÓW WAD (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)



Kurs

FMEA

ANALIZA PRZYCZYŃ I SKUTKÓW WAD (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)

Tytuł Projektu: Lean Learning Academies (LLA)

Numer Projektu: 503663-LLP-1-2009-1-BE-ERASMUS-ECUE

Umowa o Grant: 2009 – 3308 / 001 - 001

Podprogram lub KA: ERASMUS



Education and Culture DG

Lifelong Learning Programme

Zastrzeżenie prawne:

Projekt jest współfinansowany przez Komisję Europejską. Niniejsza publikacja [wiadomość] odzwierciedla jedynie punkt widzenia autora i Komisja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek skutki wykorzystania informacji w niej zawartych.

Zawartość kursu

1. Co to jest FMEA?
2. Dlaczego stosujemy FMEA?
3. Kiedy stosujemy FMEA?
4. Jak stosować FMEA?
5. Korzyści ze stosowania FMEA
6. Doskonalenie poprzez FMEA
7. Rodzaje FMEA
8. Przykłady FMEA
9. Bibliografia

1. Co to jest FMEA?

- W dzisiejszej globalnej ekonomii żadne niepowodzenia nie są tolerowane



1. Co to jest FMEA?

- Celem jest wyeliminowanie (lub nadzwyczajna redukcja) wad każdego typu

CEL
=
ZERO
DEFEKTÓW

1. Co to jest FMEA?

- Niepowodzeniem (wadą) jest każdy błąd lub defekt, szczególnie ten, który oddziałuje na klienta i może być potencjalny lub rzeczywisty



1. Co to jest FMEA?

- Analiza przyczyn i skutków wad (FMEA) jest podejściem dochodzenia krok po kroku do zidentyfikowania wszystkich możliwych wad w projekcie, produkcji lub w procesie montażu, albo w produkcji, czy serwisie

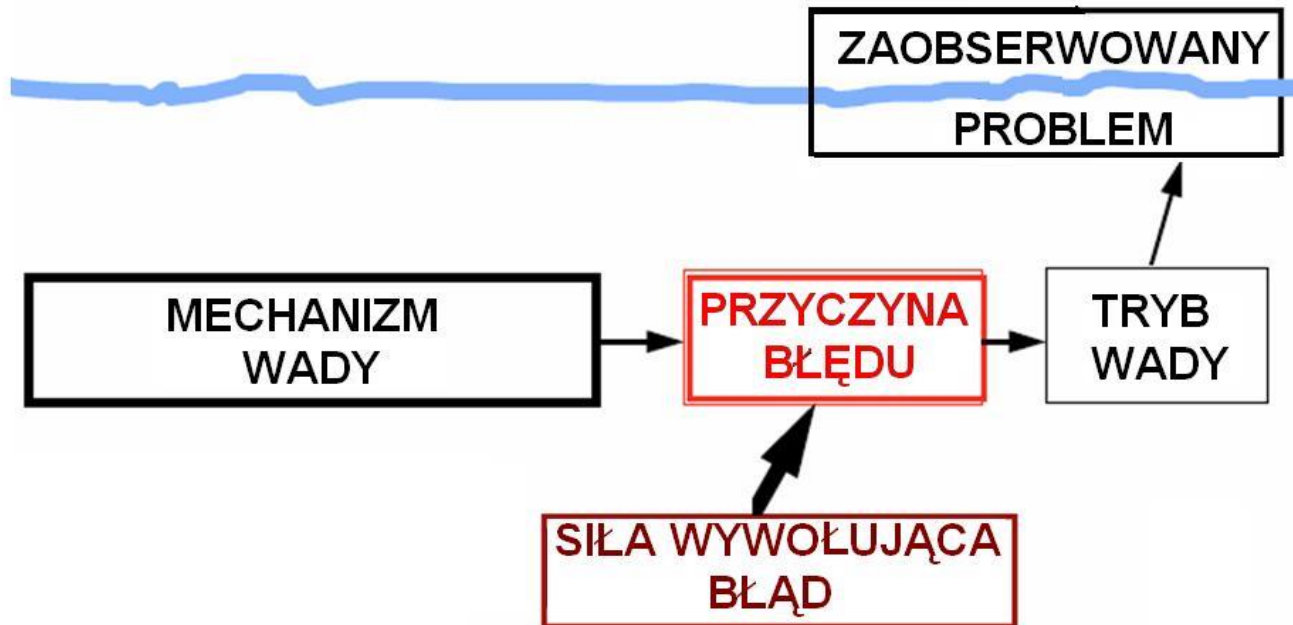
FMEA «-
»ZAPOBIEGANIE
BŁĘDOM

1. Co to jest FMEA?

- “Failure modes” („Przyczyny wad”) oznacza sposoby lub tryb, w jakim coś może zawieść
- “Effects analysis” („Analiza efektów”) odnosi się do przestudiowania konsekwencji tych wad

1. Co to jest FMEA?

PRZEGLĄD TERMINU WADA: PROCES POWSTAWANIA WADY



1. Co to jest FMEA?

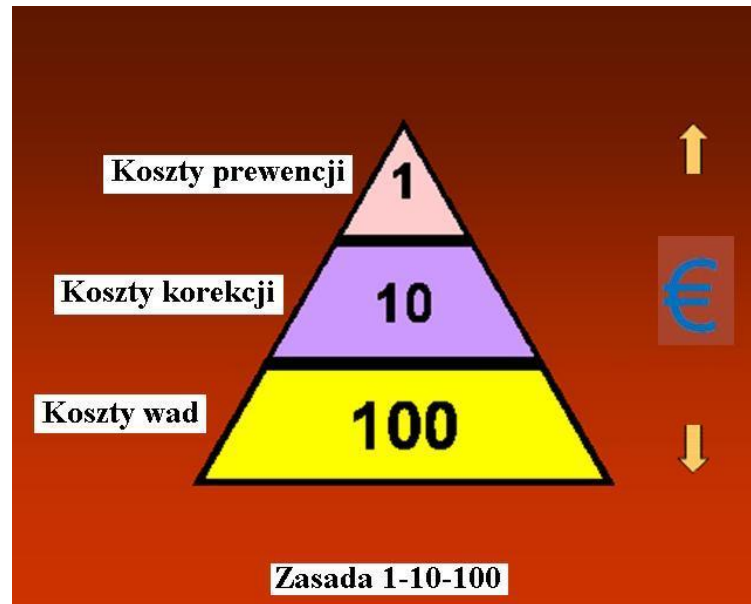
- Wady są ustawiane według priorytetów biorąc pod uwagę to, jak poważne mogą być konsekwencje wad, jak często się wady pojawiają i jak łatwo mogą być wykryte
- Celem FMEA jest podjęcie działań dla wyeliminowania lub zredukowania liczby wad, poczynając od tych o najwyższej liczbie priorytetowej

2. Dlaczego stosujemy FMEA?

- Analiza FMEA jest stosowana przez organizacje przy zarządzaniu ryzykiem związanym z wadami i ich skutkami
- Analiza FMEA powinna być wykorzystywana jako działanie prewencyjne i być regularnie aktualizowana oraz robiona ponownie

2. Dlaczego stosujemy FMEA?

- Koszty związane z zapobieganiem wadom są znacznie niższe od kosztów korygowania wad po ich wystąpieniu



2. Dlaczego stosujemy FMEA?

- FMEA dokumentuje także bieżącą wiedzę i działania dotyczące ryzyka wad, aby wykorzystać je w ciągłym doskonaleniu



2. Dlaczego stosujemy FMEA?

- Wykorzystywanie metody FMEA rozpoczęto w armii amerykańskiej w latach 40-tych.



2. Dlaczego stosujemy FMEA?

- FMEA wykorzystywali: NASA (od lat 60-tych), *Ford Motor Company* (od lat 80-tych), *AIAG* (Automotive Industry Action Group, od lat 90-tych) i obecnie wykorzystuje *Joint Commission for Accreditation of Healthcare Organizations*



3. Kiedy stosujemy FMEA?

- FMEA jest stosowana w trakcie projektowania, aby zapobiegać błędom
- Później jest stosowana dla kontroli, przed i podczas trwania operacji w procesach
- Idealne byłoby stosowanie FMEA od początku we wczesnych fazach opracowywania koncepcji projektu i stosowanie jej w całym cyklu życia produktu lub usługi

3. Kiedy stosujemy FMEA?

ASQ (www.asq.org) rekomenduje stosowanie FMEA w następujących sytuacjach:

1. Gdy proces, produkt lub usługa jest projektowana lub przeprojektowywana, po rozwinięciu funkcji jakości (quality function deployment - QFD)
2. Gdy istniejący proces, produkt lub usługa jest wdrażana w jakiś nowy sposób

3. Kiedy stosujemy FMEA?

3. Przed opracowaniem planów kontroli dla nowego lub zmodyfikowanego procesu
4. Przy ustalaniu celów dotyczących doskonalenia dla istniejącego procesu, produktu lub usługi

3. Kiedy stosujemy FMEA?

5. Gdy analizujemy wady istniejącego procesu, produktu lub usługi
6. Okresowo przez cały cykl życia procesu, produktu lub usługi

3. Kiedy stosujemy FMEA?

- FMEA jest także stosowana w metodologii Six Sigma w DMAIC (*Definiuj-Define, Mierz-Measure, Analizuj-Analyze, Doskonal-Improve, Kontroluj-Control*) lub DFSS (*Projektowanie dla Six Sigma - Design for Six Sigma*)
- Uwaga: Six Sigma jest „podejściem do doskonalenia działalności biznesowej, poprzez poszukiwanie i eliminowanie przyczyn błędów lub defektów w procesach biznesowych poprzez skupienie uwagi na wyjściach, które mają krytyczne znaczenie dla klientów”. (Snee, 1999)

4. Jak stosować FMEA?

Następujące kroki mogą być wykorzystane jako wytyczne do stosowania metody FMEA (zapisz informacje w opracowanej tabeli FMEA – nie ma ustalonego modelu):

1. Zidentyfikuj zakres FMEA: Czy jest dla systemu, procesu czy usługi? Jakie są ograniczenia i jak szczegółowa powinna być analiza?

4. Jak stosować FMEA?

2. Zbierz zespół ludzi wywodzących się z różnych komórek organizacji, posiadający zróżnicowaną wiedzę o systemie, procesie lub usłudze (np. projektowanie, sprzedaż, marketing, obsługa klienta...)
3. Przystudiuj system, proces lub usługę i zidentyfikuj poszczególne funkcje: Jaki jest cel? Jakie są oczekiwania klientów?

4. Jak stosować FMEA?

4. Dla każdej funkcji zidentyfikuj wszystkie sposoby wystąpienia potencjalnych wad w systemie, procesie lub usłudze
5. Dla każdej wady ustal jak poważny może być jej efekt. Jest to Liczba Priorytetowa Znaczenia (Z), zwykle występuje w zakresie od 1 do 10, gdzie 1 oznacza wadę nieistotną, a 10 oznacza, że wada może mieć katastrofalne skutki.

4. Jak stosować FMEA?

Przykład wartości dla Liczby Priorytetowej Znaczenia (Z)

Skutek wystąpienia wady	Znaczenie wady dla klienta	Liczba Z
Niebezpieczny, bez ostrzeżenia	Bardzo poważne skutki, wada zagraża bezpiecznemu użytkowaniu pojazdu i/lub pociąga za sobą niespełnienie przepisów prawnych – bez ostrzeżenia.	10
Niebezpieczny, z ostrzeżeniem	Bardzo poważne skutki, wada zagraża bezpiecznemu użytkowaniu pojazdu i/lub pociąga za sobą niespełnienie przepisów prawnych – z ostrzeżeniem.	9
Bardzo znaczący	Pojazd/ważny układ nie może być użytkowany – utrata jednej z podstawowych funkcji.	8
Znaczący	Pojazd/ważny układ mogą być użytkowane ale z odczuwalnym zmniejszeniem osiągnięć. Klient nieusatysfakcjonowany.	7
Średni	Pojazd/ważny układ może być użytkowany, lecz nie funkcjonuje układ (lub układy) zapewniający komfort lub wygodę. Klient odczuwa dyskomfort.	6
Mały	Pojazd/ważny układ może być użytkowany, układ (lub układy) zapewniający komfort lub wygodę funkcjonuje z pogorszonymi osiągnięciami. Klient jest częściowo nieusatysfakcjonowany.	5
Bardzo mały	Mniej istotne elementy wyposażenia nie spełniają wymagań w stopniu zauważalnym przez większość klientów.	4
Nieznaczny	Mniej istotne elementy wyposażenia nie spełniają wymagań w stopniu zauważalnym przez przeciętnego klienta.	3
Bardzo nieznaczny	Mniej istotne elementy wyposażenia nie spełniają wymagań w stopniu zauważalnym przez wymagającego klienta.	2
Żaden	Wada bez znaczenia dla klienta.	1

4. Jak stosować FMEA?

6. Dla każdej wady zidentyfikuj potencjalne przyczyny źródłowe i wypisz je w tabeli FMEA
7. Dla każdej wady ustal Liczbę Priorytetową Występowania (W) oceniając prawdopodobieństwo wystąpienia wady w cyklu życia przyjmując wartości od 1 (wyjątkowo nieprawdopodobna) do 10 (nieunikniona)

4. Jak stosować FMEA?

Przykład wartości dla Liczby Priorytetowej Występowania (W)

Prawdopodobieństwo wystąpienia	Częstotliwość występowania	Liczba W
Bardzo duże	$\geq 1/2$	10
	$1/3$	9
Duże	$1/8$	8
	$1/20$	7
Średnie	$1/80$	6
	$1/400$	5
	$1/2000$	4
Małe	$1/15000$	3
	$1/150000$	2
Bardzo małe	$\leq 1/500000$	1

4. Jak stosować FMEA?

8. Dla każdej przyczyny zidentyfikuj aktualne procesy kontroli (np. testy, kontrole i mechanizmy występujące na miejscu i zapobiegające przedostaniu się wad do klienta)
9. Dla każdego sposobu kontroli oceń poziom wykrywalności (O) i oszacuj na ile dobra jest kontrola, aby wykryć przyczynę lub wadę po tym jak się pojawi, ale zanim zacznie mieć wpływ na klienta. Zwykle przyjmuje się w skali od 1 (kontrola na pewno wykryje problem) do 10 (kontrola na pewno nie wykryje problemu)

4. Jak stosować FMEA?

Przykład wartości dla Liczby Priorytetowej Wykrywalności (O)

Wykrywalność	Prawdopodobieństwo wykrycia wady przez zaprojektowaną kontrolę	Liczba O
Bardzo niepewna	Kontrola nie daje możliwości wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia lub w ogóle nie przewiduje się kontroli	10
Bardzo niewielka	Kontrola daje bardzo niewielką możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	9
Niewielka	Kontrola daje niewielką możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	8
Bardzo mała	Kontrola daje bardzo małą możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	7
Mała	Kontrola daje małą możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	6
Średnia	Kontrola daje średnią możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	5
Dość duża	Kontrola daje dość dużą możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	4
Duża	Kontrola daje dużą możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	3
Bardzo duża	Kontrola daje bardzo dużą możliwość wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	2
Prawie pewna	Kontrola daje praktycznie pewność wykrycia potencjalnej przyczyny/mechanizmu i symptomu uszkodzenia	1

4. Jak stosować FMEA?

9. Oblicz wartości Liczby Priorytetowej Ryzyka (LPR = $Z \times W \times O$) dla poszczególnych wad i zbuduj ranking wad.

Z – znaczenie

$Z \times W$ – krytyczność wady

$Z \times W \times O$ – liczba priorytetowa ryzyka

4. Jak stosować FMEA?

11. Zidentyfikuj i wdróż działania doskonalące (np. zaprojektuj zmiany w procesie, aby zmniejszyć znaczenie wad lub częstotliwość ich pojawiania się; dodatkowe kontrole aby zwiększyć wykrywalność; zdefiniuj również odpowiedzialności za działania i ustal daty). Oceń ponownie liczby LPR.
12. Aktualizuj tabelę FMEA bazując na zakończonych działaniach oraz wartościach liczb LPR.

4. Jak stosować FMEA?

Przykład FMEA dla procesu uruchomienia samochodu

Element i funkcja	Skutki wady Ograniczenie funkcji	Potencjalna wada	Przyczyny, mechanizmy wady	Stosowane metody kontroli	Ocena			L P R	Zalecane środki zaradcze	
					W	Z	O			
Uruchomienie silnika	Silnika nie można uruchomić	Prąd nie dopływa do rozrusznika	Wyczerpany akumulator		3	6	5	90		
			Przerwa w instalacji		2	7	5	70		
Przepływ prądu	Prąd nie dopływa do rozrusznika	Wyczerpany akumulator	Długo nie ładowany						Kupowanie akumulatorów z atestem	
			Za mała pojemność akumulatora		2	6	5	60		
			Zużyte płyty akumulatora Brud na klemie		2	9	6	108		
		Przerwa w instalacji		2	9	5	90			
			Zerwany przewód Zsunięty przewód	Kontrola podczas przeglądów w SO		4	6	4	96	
Nadzór instalacji	Wyczerpany akumulator	Długo nie ładowany	Brak dozoru	Kontrola podczas przeglądów w SO	8	6	3	144	Przeglądy wykonywane przez użytkownika	
	Przerwa w instalacji	Brud na klemie	Brak dozoru		8	5	3	120		

5. Korzyści ze stosowania FMEA

Do korzyści stosowania FMEA, gdy stosujemy ją we właściwy sposób, możemy zaliczyć (ASQ CSSGB Primer):

1. Ulepszenie funkcje produktu lub usługi
2. Redukcję problemów produkcyjnych
3. Niższy koszt usług serwisowych gwarancyjnych i pogwarancyjnych
4. Zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności wyrobów i procesów
5. Zwiększenie satysfakcji klientów
6. Zmniejszenie liczby problemów biznesowych

6. Doskonalenie poprzez FMEA

Bongiorno (2000) proponuje 4-etapowy proces polepszania osiągnięć organizacji:

1. Pomiar aktualnych osiągnięć FMEA dla uzyskania odniesienia
2. Uzgodnienie zaplanowanego poziomu wykonania FMEA (np. poziom LPR)
3. Opracowanie planu „zatkania dziur” (eliminacji słabych punktów)
4. Wdrożenie rekomendowanych metod osiągnięcia celu

7. Rodzaje FMEA

Według Stamatisa (1995) można wyróżnić cztery rodzaje FMEA:

1. FMEA systemu, stosowana do systemów, podsystemów i komponentów oraz powiązań pomiędzy systemami i elementami systemu
2. FMEA projektu, analizująca produkty przed procesem przygotowania produkcji i zwracająca szczególną uwagę wady na powstające na etapie projektowania

7. Rodzaje FMEA

3. FMEA procesu: analizuje proces produkcyjny i montażowy, podkreślając wpływ operacji w procesach produkcyjnych i montażowych na powstawanie wad
4. FMEA usługi: analizuje usługi zanim osiągną klienta, skupia się na zadaniach, błędach i pomyłkach, powodowanych wadami procesów nie będących procesami wytwarzania

8. Przykłady zastosowań FMEA

Przykład FMEA procesu na bankomatach Banku ATM – fragment (opracowano na podst. www.asq.org):

- Funkcja: “Wydawanie gotówki”
- Wada: Nie wydaje wymaganej kwoty, ...
- Według RPN “zacięcie bankomatu” i “duże obciążenie sieci komputerowej” są na 1-szym i 2-gim miejscu pod względem ryzyka

8. Przykłady zastosowań FMEA

- FMEA pokazuje także ocenę stanów krytycznych uszkodzeń i przy takim podejściu transformuje się w FMECA (Analiza Rodzajów Skutków i Krytyczności Uszkodzeń)
- Zespół powinien wykorzystać swoją wiedzę i doświadczenie, aby zdecydować o właściwych działaniach doskonalących i priorytetach

8. Przykłady zastosowań FMEA

Funkcja	Potencjalna wada	Skutek wady	Z	Przyczyna wady	W	Bieżąca kontrola	O	L P R	Z x W	Zalecane działania	Odpowiedzialny i data realizacji	Rezultaty działań						
												Podjęte działania	Z	W	O	L P R	Z x W	
Wydawanie gotówki wymaganej przez klienta	Bankomat nie wydaje gotówki	Klient bardzo niezadowolony	8	Brak pieniędzy w bankomacie	5	Sygnalizacja małej ilości pieniędzy	5	200	40									
		Klient podejrzewa wprowadzenie złego hasła dostępu		Awaria mechanizmu wydawania	3	Sygnalizacja awarii	10	240	24									
		Rozbieżności w bilansie pieniężnym		Awaria zasilania podczas transakcji	2	Brak	10	160	16									
	Bankomat wydaje zbyt dużo gotówki	Bank poniesie straty finansowe	6	„Sklejenie banknotów”	2	Odpowiednia procedura umieszczania gotówki	7	84	12									
		Rozbieżności w bilansie pieniężnym		Banknoty o określonych nominałach w złych korytkach	3	Dwuosobowa kontrola wizualna	4	72	18									
	Wydawanie gotówki zajmuje zbyt dużo czasu	Klient poirytowany	3	Duże obciążenie sieci komputerowej	7	Brak	10	210	21									
Awaria zasilania podczas transakcji				2	Brak	10	60	6										

8. Przykłady zastosowań FMEA

Inny przykład FMEA procesu dotyczy możliwych wad tostera (opracowano na podstawie www.asq.org).

FMEA szuka wszystkich sposobów, na jakie proces lub wyrób może zawieść. Na przykład toster może zawieść na kilka różnych sposobów:

- Może pojawić się zwarcie w przewodzie zasilającym
- Spirale grzejne powodują przypalanie chleba niezależnie od ustawienia
- Mechanizm automatycznego wyrzucania tostów jest zbyt czuły

8. Przykłady zastosowań FMEA

Wady mogą także pojawić się, gdy użytkownik popełni błąd i mądrze jest zawrzeć obydwa typy wad w analizie FMEA. Cokolwiek może być zrobione, aby zapewnić poprawność działania wyrobu, przy uwzględnieniu działań użytkownika, może zbliżyć wyrób do 100% satysfakcji.

FMEA wyrobu/projektu może odkryć problemy, które mogą powodować zagrożenie dla bezpieczeństwa, wadliwe działanie wyrobu oraz skrócenie czasu jego użytkowania. Kluczowe pytanie, które powinno być zadane przy tego typu analizie brzmi: "W jaki sposób produkt może zadziałać nieprawidłowo?"

FMEA procesu daje szansę ujawnić problemy związane z procesem wytwarzania produktu. W tym przypadku należy postawić pytanie: „ Jak błąd w procesie może wpływać na produkt, wydajność procesu lub bezpieczeństwo?”.

8. Przykłady zastosowań FMEA

Zwarcie w przewodzie zasilającym jest zjawiskiem niebezpiecznym i występuje bez wcześniejszego ostrzeżenia. Dlatego znaczeniu wady przypisano liczbę 10 ($Z=10$).

Zespół prowadzący analizę ustalił, że prawdopodobieństwo wystąpienia takiej wady jest wysokie, zatem liczbie priorytetowej występowania przypisał wartość równą 7 ($W=7$)

Prawdopodobieństwo wykrycia tej wady zostało określone jako bardzo niewielkie, zatem liczbie priorytetowej wykrycia przypisano wartość 9 ($O=9$)

Ostatecznie $LPR = Z \times W \times O = 10 \times 7 \times 9 = 630$.

Wartość LPR jest zbyt duża dlatego zespół przeprowadzający analizę zalecił zastosowanie lepszych materiałów ochraniających kabel zasilający. Wówczas prawdopodobieństwo wystąpienia wady zmniejszy się do niskiego ($W=2$), a prawdopodobieństwo wykrycia zwiększy się do średniego ($O=5$). W takiej sytuacji LPR po modyfikacjach przyjmie wartość 100.

8. Przykłady zastosowań FMEA

Analiza FMEA dla tostera

FMEA											Rezultaty działań				
Element	Potencjalna wada	Skutek wady	Z	Przyczyna wady	W	Bieżąca kontrola	O	L P R	Zalecane działania	Odpowiedzialny i termin realizacji	Podjęte działania	Z	W	O	L P R
Kabel zasilający	Zwarcie	Pożar	10	Niewłaściwe postępowanie podczas spedycji i transportu	7	Brak	9	630	Zastosować lepsze materiały ochronne na kabel	Piotr 25.02.2010	Wprowadzono lepsze materiały ochronne na kabel	10	2	3	100

Bibliografia

1. www.asq.org
2. Bongiorno, J. (2000), “Improving FMEAs: FMEAs can Transform Compliance into Competitive Advantage”, Quality Digest, 37-40

3. CSSGB, Quality Council of Indiana, (2006,) ASQ
4. Nancy R.T., 2004, The Quality Toolbox, 2nd Ed., (2004), ASQ Quality Press

5. Potential Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual, 3rd. Ed.(2001)
Southfield, MI, AIAG

6. Stamatis, D. (1995), Failure Mode and Effect Analysis: Failure From Theory to Execution,
Milwaukee, ASQC Quality Press