

# Wdrożenie narzędzi kontroli jakości w wybranym procesie produkcji – studium przypadku

Patrycja Rogowska 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: p.rogowska@pb.edu.pl

DOI: 10.24427/az-2023-0028

## Streszczenie

Przedsiębiorstwa produkcyjne skupiają się na zapewnieniu, że ich produkty w pełni spełniają potrzeby i wymagania klientów poprzez ustalanie wysokich standardów jakościowych i eliminację produktów, które nie spełniają tych wymagań. W procesie produkcji często pojawiają się różnego rodzaju wady produktów, dlatego ważne jest identyfikowanie kluczowych i głównych wad wyrobu, które generują najwięcej problemów oraz podjęcie działań naprawczych i zapobiegawczych. W niniejszym artykule opisano analizę przyczyn wad sklejki liściastej oraz przedstawiono propozycje działań mających na celu zwiększenie wykrywalności tych niezgodności oraz ich eliminację. Zastosowano diagramy Pareto-Lorenza i Ishikawy w celu wskazania najważniejszych wad i źródeł niezgodności. Następnie wykorzystano metodę FMEA, aby określić skutki i ryzyko każdej wady oraz wyłonić te, które należy wyeliminować w pierwszej kolejności. Artykuł zawiera również propozycje działań, jakie przedsiębiorstwo może podjąć, aby zmniejszyć lub wyeliminować niezgodności.

## Słowa kluczowe

zarządzanie jakością, FMEA, Poka-Yoke

## Wstęp

Jednym z celów przedsiębiorstwa produkcyjnego jest wytwarzanie oraz sprzedaż produktów, które spełniają wymagania i oczekiwania klientów. Aby osiągnąć ten cel, przedsiębiorstwo musi ustalić standardy jakości oraz prowadzić działania zapobiegawcze w celu minimalizacji produkcji wadliwych wyrobów. W trakcie procesu produkcyjnego mogą pojawić się różne rodzaje wad produktów, takie jak wady materiałowe, wady konstrukcyjne, wady technologiczne czy też wady wynikające

z błędów ludzkich. Aby wyeliminować te wady i podjąć działania zapobiegawcze, konieczne jest zidentyfikowanie miejsc, w których wady pojawiają się najczęściej oraz przyczyn ich powstawania.

Tematyka artykułu została podjęta ze względu na praktyczne zastosowanie wybranych metod sterowania jakością na przykładzie produkcji sklejki liściastej. Celem badawczym niniejszej pracy jest przeprowadzenie analizy przyczyn i skutków wad w sklejce wodoodpornej pokrytej filmem fenolowym oraz zaproponowanie działań na rzecz poprawy wykrywalności tych niezgodności, a także sposobów ich eliminacji. Badanie przeprowadzono metodą studium przypadku. Obiektem studiów jest system produkcji sklejki liściastej posiadający szeroki asortyment produktów należących do trzech kategorii: sklejki surowej, foliowanej i uszlachetnianej. Artykuł dostarcza praktycznej wiedzy oraz narzędzi, które umożliwią poprawę jakości procesów produkcyjnych i zwiększenie satysfakcji klientów poprzez dostarczenie im produktów o wysokiej jakości.

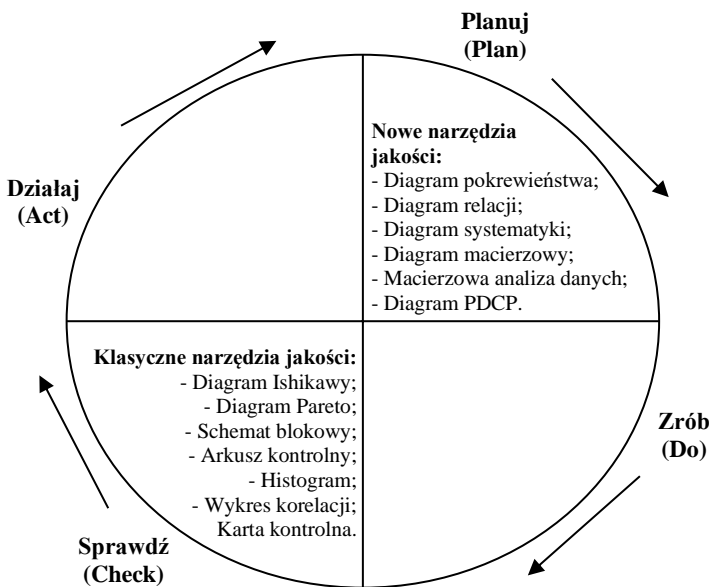
## **1. Przegląd literatury**

### **1.1. Zarządzanie jakością**

Współczesne przedsiębiorstwa zmagają się z problemem zapewnienia najwyższych standardów jakości produktów, zgodnych z wymaganiami klientów. Aby pozostać konkurencyjnymi, nieustannie poszukują najlepszych metod i narzędzi do poprawy swoich procesów produkcyjnych [Tomaszewska, 2022]. Pojęcie jakości cechuje się wieloznacznością, dlatego w literaturze można znaleźć wiele różnych interpretacji tego określenia. Norma PN-ISO 8402:1996 definiuje jakość jako ogół cech obiektu, które zaspokajają potrzeby stwierdzone i oczekiwane. Według normy ISO 9000:2015 pojęcie to oznacza stopień, w jakim zbiór nieodłącznych cech spełnia wymagania. Producent i klient mają różne podejścia i oczekiwania wobec jakości produktu. Dla konsumenta ważne jest, aby produkt spełnił jego potrzeby funkcjonalne, takie jak niezawodność, jakość wykonania oraz wytrzymałość, ale także niefunkcjonalne, takie jak atrakcyjny wygląd zewnętrzny i satysfakcję z zakupu. Natomiast dla producenta ważne jest, aby produkt był konkurencyjny, przynosił zyski i zaspokajał potrzeby technologiczne, takie jak procesy produkcyjne i wykorzystanie innowacyjnych technologii. Ostatecznie jakość produktu jest określana przez obie strony i musi spełnić wymagania obu grup, aby zaspokoić potrzeby klienta i jednocześnie być opłacalna dla producenta [Bielawa, 2011]. Istnieją trzy rodzaje instrumentów zarządzania jakością [Wyrębek, 2012]:

1. Zasady zarządzania jakością - określają podejście przedsiębiorstwa i jego pracowników do kwestii jakości, wyznaczają cele polityki jakości i strategię przedsiębiorstwa.
2. Metody zarządzania jakością - określają sposób postępowania podczas wykonywania zadań związanych z zarządzaniem jakością.
3. Narzędzia zarządzania jakością - służą do zbierania i przetwarzania danych związanych z różnymi aspektami jakości, jak, np. procesy montażu, kontroli, wytwarzania i projektowania oraz do diagnozowania tych procesów.

Aby przedsiębiorstwo mogło się rozwijać, konieczne jest nieustanne doskonalenie produktów i procesów. Najczęściej stosowaną zasadą, która pomaga w identyfikacji problemów w firmach, jest cykl Deminga (Planuj – Zrób – Sprawdź – Działaj) [Czachor, 2021]. Narzędzia zarządzania jakością służą do gromadzenia i analizowania danych dotyczących różnych aspektów jakości, umożliwiając przedsiębiorstwu podejmowanie działań mających na celu doskonalenie procesów oraz produktów. Rysunek 1 przedstawia wykorzystanie narzędzi jakości i metod w procesie ciągłego doskonalenia.



Rys. 1. Narzędzia jakości w procesie ciągłego doskonalenia- koło Deminga

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Gawlik, Kiełbus, 2008, s. 78].

Wszystkie narzędzia zarządzania jakością łączy ich wspólny cel, którym jest zapewnienie i utrzymanie najwyższych standardów jakości produktów lub usług. Nowe narzędzia są często uzupełnieniem lub alternatywą dla tradycyjnych narzędzi, a ich głównym celem jest usprawnienie procesów zarządzania jakością w przedsiębiorstwach poprzez wykorzystanie nowych technologii i innowacyjnych podejść [Hamrol i Mantura, 2011].

## **1.2. Wybrane metody i narzędzia zarządzania jakością**

### **1.2.1. Diagram Ishikawy**

Narzędzie to umożliwia rozpoznanie i pogrupowanie przyczyn występowania problemów. Zakłada, że określony skutek (problem) wynika ze zbioru przyczyn (czynników), które można uporządkować w odpowiednie grupy. Diagram Ishikawy ze względu na swój charakterystyczny kształt przyjął nazwę jako diagram rybiej ości. „Głowa” wykresu prezentuje skutek czyli analizowany problem lub ewentualnie cel do osiągnięcia, a „ości” są potencjalnymi przyczynami. Przyczyny można pogrupować, wykorzystując kilka zasad. Do problemów, które są związane z procesem produkcyjnym zaleca się wykorzystanie metody 5M, oznaczającą pięć głównych grup czynników, tj. człowiek, metoda, maszyna, materiał, zarządzanie. Układ 6M zawiera dodatkowo grupę pomiar. Podczas grupowania przyczyn stosowana jest również zasada 5M+E. Układ uwzględnia środowisko, czyli wpływ otoczenia na tok procesu [Zymonik i in., 2013].

### **1.2.2. Diagram Pareto-Lorenza**

Narzędzie to opiera się na pewnej prawidłowości, że z reguły 20-30% czynników (przyczyn) decyduje o 70-80% skutków. Inaczej mówiąc, kilka składników wpływa na większość skutków. Niemal we wszystkich procesach większa część wad jest stwarzana przez kilka przyczyn. Określenie ich pozwala wskazać kierunki działań, które mogą wpłynąć na doskonalenie procesów i poprawienie poziomu jakości wyrobów. Wykres Pareto przedstawia uporządkowane malejąco wartości liczbowe. Dodatkowo, bardzo często poszerzony jest o krzywą Lorenza, której zadaniem jest wskazać wzrost skumulowanego udziału procentowego wyodrębnionych kategorii wad. Narzędzie ma przede wszystkim uprościć analizę danych, które są gromadzone podczas kontrolowania produktów, przetwarzać te dane oraz przedstawić wyniki w formie graficznej. Umożliwia wskazanie udziału każdego rodzaju wady w analizowanym procesie oraz do uszeregowania ich według stopnia ważności. Wykres wskazuje, w którym kierunku powinno się podejmować działania naprawcze, aby

otrzymać maksymalny efekt oraz, które przyczyny nie mają zasadniczego wpływu na zaobserwowane niezgodności. W literaturze często spotyka się alternatywne nazwy metody Pareto. Są to m.in.: prawo 20-80, krzywe Lorenza, metoda ABC [Detyna, 2011].

### 1.2.3. Metoda FMEA – analiza skutków i wad

FMEA to skrót od angielskiego terminu "*Failure Mode and Effect Analysis*", czyli analiza przyczyn i skutków wad. Jest to narzędzie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa do zapobiegania i niwelowania skutków wad, które mogą pojawić się podczas projektowania lub wytwarzania produktu. FMEA to metoda jakościowej analizy niezawodności, pozwalająca na przewidywanie ryzyka wystąpienia wad, ocenę ich skutków oraz identyfikację przyczyn ich powstawania. Narzędzie to dostarcza rozwiązań korygujących lub prewencyjnych, co pozwala na ciągłe doskonalenie produktu lub procesu poprzez prowadzenie analiz oraz wprowadzanie nowych rozwiązań w oparciu o uzyskane wyniki. Dzięki FMEA możliwe jest skuteczne redukowanie źródeł wad oraz poprawa właściwości wyrobu. Narzędzie to może być stosowane w produkcji masowej lub jednostkowej, w każdym miejscu, gdzie wady produktu mogą prowadzić do poważnych strat finansowych [Rusecki, 2018]. W literaturze przedmiotu wyróżnia się najczęściej dwa rodzaje analiz FMEA: analiza produktu (D-FMEA) oraz analiza procesu (P-FMEA) [Dąbrowska i in., 2022]. Projekt FMEA wykonuje się w trzech etapach [Janisz i Mikulec, 2017]:

#### 1. Opracowanie założeń

Zadaniem tej części jest określenie przedmiotu badawczego oraz zakresu projektu, a następnie identyfikacja problemów, czyli potencjalnych wad, które mogą wystąpić w procesie lub wyrobie. Ważne jest, aby zespół odpowiedzialny za analizę FMEA składał się z pracowników różnych działów przedsiębiorstwa, takich jak konstruktorzy, pracownicy działu produkcyjnego, obsługi klienta, działu jakości i innych. Jeśli to możliwe i uzasadnione, do zespołu można również zaprosić użytkowników wyrobu. W identyfikacji wad mogą pomóc dokumenty takie jak reklamacje, raporty z badań, a także dane z usług gwarancyjnych. Wszystkie potencjalne wady powinny być opisane i opatrzone danymi ilościowymi lub jakościowymi dotyczącymi ich występowania, skutków oraz przyczyn. Dzięki temu zespół będzie mógł w pełni zrozumieć, jakie problemy mogą wystąpić i jakie ryzyko dla projektu lub wyrobu niosą ze sobą.

#### 2. Analiza

Dla wskazanych wad należy określić relację „wada -> skutek -> przyczyna” czyli należy określić jakie skutki przynoszą wskazane wady oraz ustalić przyczyny ich powstawania. Następnie należy oszacować wskaźnik R – ryzyko wystąpienia

poszczególnych błędów zgodnie z tabelą 1, wskaźnik W – trudność wykrycia błędów na podstawie tabeli 2 oraz wskaźnik Z – znaczenie wady dla klienta zgodnie z tabelą 3.

**Tab. 1.** Liczba R – ryzyko wystąpienia błędów

Ocena	Kryterium
1	Nieprawdopodobne (mniej niż 1/1 000 000)
2	Bardzo rzadko (1 na 20 000)
3	Rzadko (1 na 4 000)
4-6	Przeciętnie (1 na 1 000; 1 na 400; 1 na 80)
7-8	Często (1 na 40; 1 na 20)
9-10	Bardzo często (1 na 8; 1 na 2)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Janisz i Mikulec, 2017, s. 1391].

**Tab. 2.** Liczba W – trudność wykrycia błędów

Ocena	Kryterium
1-2	Wada na pewno zostanie wykryta
3-4	Są duże szanse wykrycia wady
5-6	Wada może zostać wykryta
7-8	Są małe szanse wykrycia wady
9	Wada prawie na pewno nie zostanie wykryta
10	Wada na pewno nie zostanie wykryta

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Janisz i Mikulec, 2017, s. 1391].

**Tab. 3.** Liczba Z – znaczenie wady dla klienta

Ocena	Kryterium
1	Nie dostrzega wady
2-3	Lekkie niezadowolenie
4-6	Niezadowolony
7-8	Wysoki stopień niezadowolenia
9-10	Wada zagraża bezpieczeństwu

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Janisz i Mikulec, 2017, s. 1391].

Po określeniu wskaźników należy obliczyć wskaźnik priorytetu WPR na podstawie wzoru:

$$WPR = R \times W \times Z$$

Wartość WPR pozwala na określenie hierarchii przyczyn ze względu na ich znaczenie. Im wartość wskaźnika jest większa tym znaczenie wady jest bardziej istotne i jak

najszybciej należy podjąć działania zapobiegawcze. Taka zasada sprawdza się wtedy, gdy wartości między wskaźnikami są znaczące. Zespół przeprowadzający analizę FMEA sam podejmuje decyzję jakie przyjmuje różnice wartości. Wskaźnik WPR może przyjąć zakres od 1 do 1000.

### 3. Wprowadzenie oraz nadzorowanie działań prewencyjnych

Wyniki z przeprowadzonej analizy wskazują, gdzie należy wprowadzić zmiany pozwalające na zapobieganie przyczyn występowania wad w konstrukcji wyrobu, w procesach jego wytwarzania lub w sposobie jego użytkowania. W przypadku, gdy nie jest możliwe zupełne usunięcie przyczyn powstawania wad powinno się podjąć wszystkie działania, aby zwiększyć ich wykrycie lub zmniejszyć negatywne skutki ich wystąpienia. Wprowadzanie działań prewencyjnych powinno być odpowiednio nadzorowane, oraz poddawane weryfikacji zgodnie z metodą FMEA.

#### **1.2.4. Poka-Yoke**

To japońska technika używana w przemyśle, która ma na celu zapobieganie błędom produkcyjnym. Termin "Poka Yoke", znany również jako "Mistake Proofing" lub "Error Proofing" w języku angielskim, składa się z dwóch japońskich słów: "Poka" oznaczającego "Nieumyślny błąd" i "Yoke" oznaczającego "Zapobiegać" [Vargas-Sanders i in., 2022]. Polega ona na tworzeniu prostych, ale skutecznych mechanizmów lub procesów, które uniemożliwiają lub utrudniają popełnienie błędów podczas produkcji. Została opracowana przez współtwórcę Systemu Produkcyjnego Toyoty Shiego Shingo w 1961 r. Japoński organizator zastosował to rozwiązanie w fabryce Yamada Electric podczas montażu włącznika elektrycznego. Usunięty został błąd polegający na tym, że operatorzy zapominali zamontować sprężynę pod przyciskiem wyłącznika. Prosty rozwiązaniem tego problemu było zastosowanie podajnika dozującego każdy element, z którego składał się wyłącznik. W tym momencie popełnienie błędu przez operatora było niemożliwe, ponieważ otrzymywał on komplet części do montażu jednego przełącznika [Antosz i in., 2016].

Omawiane narzędzia zarządzania jakością mają szeroki potencjał zastosowania. Diagram Pareto-Lorenza oraz diagram Ishikawy zastosowano do analizy krytycznych problemów jakości przewodów niskiego ciśnienia przeznaczonych do chłodnic samochodowych. Zidentyfikowano krytyczne niezgodności pod względem częstotliwości występowania oraz przeanalizowano potencjalne przyczyny ich powstawania [Knop i Ulewicz, 2022]. Metoda FMEA została wykorzystana w branży motoryzacyjnej, a dokładnie podczas analizy procesu montażu świec zapłonowych [Ouy-

ang i in., 2023]. Przy wykorzystaniu metody Poka-Yoke rozwiązano problem dotyczący montażu uszczeltek olejowych, co wpłynęło na usprawnienie linii montażowej [Martinelli i in., 2022].

Diagram Pareto-Lorenza może być używany w innych dziedzinach przemysłowych do identyfikacji głównych źródeł problemów i koncentracji na najważniejszych obszarach do poprawy, np. w sektorze logistycznym do identyfikacji najczęstszych błędów w procesie dostaw lub w branży usługowej do identyfikacji najważniejszych problemów związanych z obsługą klienta. Diagram Ishikawy, znany również jako diagram przyczyn i skutków, może znaleźć zastosowanie w sektorze spożywczym do analizy przyczyn wadliwych produktów. Metoda analizy FMEA znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym, umożliwiając identyfikację potencjalnych zagrożeń i ustalenie priorytetów działań w celu minimalizacji ryzyka awarii i poprawy jakości komponentów. Z kolei Poka-Yoke, czyli systemy zapobiegania błędom, mogą być wykorzystane w tym samym sektorze w celu eliminacji błędów montażowych, poprawy jakości produkcji oraz zapobiegania błędom podczas przetwarzania zamówień, co przyczynia się do zwiększenia satysfakcji klienta.

## 2. Obiekt i metoda badań

Badane przedsiębiorstwo jest producentem sklejki z drewna liściastego. Produkty są przeznaczone dla sektora budowlanego, meblarskiego oraz motoryzacyjnego. Proces produkcji sklejki składa się z dziesięciu etapów, tj. (1) obróbka hydrotermiczna drewna okrągłego, (2) korowanie, (3) piłowanie dłużyc na wyrzynki, (4) pozyskanie łuszczyki mokrej, (5) wytwarzanie łuszczyki suchej, (6) prasowanie sklejki, (7) wstępne formatyzowanie sklejki, (8) szlifowanie, (9) uszlachetnianie, (10) sortowanie sklejki. Wszystkie procesy produkcyjne wykorzystują zaawansowane technologie. Przedsiębiorstwo produkuje 15 rodzajów wyrobu. Głównymi surowcami wykorzystywanymi do produkcji sklejki jest drewno i klej. W zależności od rodzaju produkowanej sklejki dodatkowym surowcem jest folia tzw. film, papier lub lakier.

W artykule przedstawiono praktyczne zastosowanie narzędzi i metod sterowania jakością w procesie produkcji sklejki liściastej. Główną metodą badawczą jest zastosowanie studium przypadku. To metoda jakościowa polegająca na dokładnym analizowaniu pojedynczego lub kilku przypadków. Może być przeprowadzona przez pojedynczego badacza lub zespół. Celem studium przypadku jest dogłębne poznanie szczegółów oraz kontekstu określonego przypadku i na tej podstawie wyciągnięcie



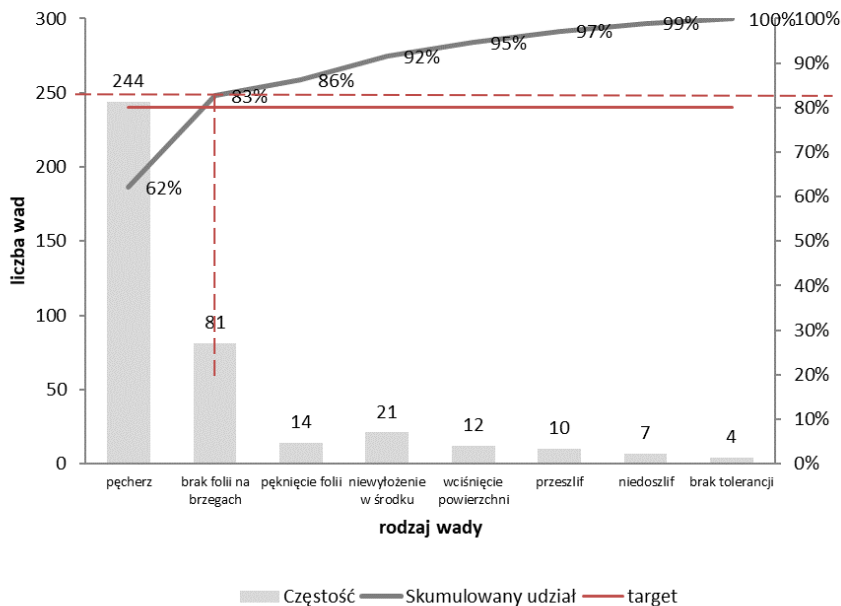
wniosków oraz dokonanie implikacji dla dalszych działań badawczych lub praktycznych. W badanym przedsiębiorstwie metoda ta posłużyła do zbadania procesów, czynników wpływających na jakość oraz identyfikację potencjalnych problemów i rozwiązań. W badaniu zastosowano dodatkowe, różnorodne metody badawcze, umożliwiające uzyskanie kompleksowego i rzetelnego obrazu problemu. Analiza literatury związanej z zarządzaniem jakością pozwoliła na zdobycie teoretycznych podstaw dotyczących standardów jakości oraz metod identyfikacji i analizy problemów. Ponadto, wykorzystano analizę dokumentacji historycznej przedsiębiorstwa, co umożliwiło uzyskanie wiedzy na temat procesów produkcyjnych oraz problemów w produkcji, jakie miały miejsce w przeszłości. Zastosowanie wywiadów pogłębionych oraz obserwacji pozwoliło na poznanie perspektywy pracowników i na bezpośrednie zaobserwowanie procesów zachodzących w trakcie produkcji. Dzięki temu możliwe było uzyskanie rzetelnych i konkretnych informacji na temat wad sklejki oraz identyfikacji źródeł powstawania niezgodności. Dodatkowo zastosowano narzędzia zarządzania jakością, tj. diagram Pareto-Lorenza, diagram Ishikawy, analizę FMEA oraz Poka-Yoke.

### **3. Wyniki badań**

Produkt, który został poddany analizie to sklejka wodoodporna pokryta filmem fenolowym, nazywana również jako sklejka szalunkowa. Znajduje ona szerokie zastosowanie w branży budowlanej, przede wszystkim jako element systemów szalunkowych ze względu na doskonałe właściwości użytkowe oraz możliwość wielokrotnego wykorzystania. W celu przeprowadzenia analizy wadliwości sklejki wyróżniono 8 rodzajów wad wyrobu. Miarą analizy jest liczba przypadków wystąpienia każdej wady w okresie pół roku. Z danych przedsiębiorstwa wynika, że całkowita wielkość produkcji badanej sklejki w badanym okresie wynosi 3537 m<sup>2</sup>, a braki wynoszą około 31 m<sup>2</sup>, co stanowi 0,87% niezgodności i przekracza dopuszczalną wielkość (0,5%).

Pierwszym wykorzystanym narzędziem do przeprowadzenia analizy wadliwości badanej sklejki jest diagram Pareto-Lorenza (Rys. 2). Narzędzie to pozwoliło na zidentyfikowanie najistotniejszych wad wyrobu z punktu widzenia liczebności ich występowania w procesie produkcji. Dane zebrane na wykresie pozwoliły dodatkowo określić kierunek działań umożliwiający poprawę poziomu jakości procesów i wyrobu. Analizując rysunek 2 wyraźnie widać, że za 83% wszystkich niezgodności w procesie produkcji sklejki odpowiadają głównie dwa rodzaje wad, do których należą pęcherz oraz brak folii na brzegach.

Wady te stanowią około 20% zidentyfikowanych rodzajów niezgodności. Pozostałe 6 rodzajów wad stanowiących 80% wpływa na 17% stwierdzonych problemów jakościowych.

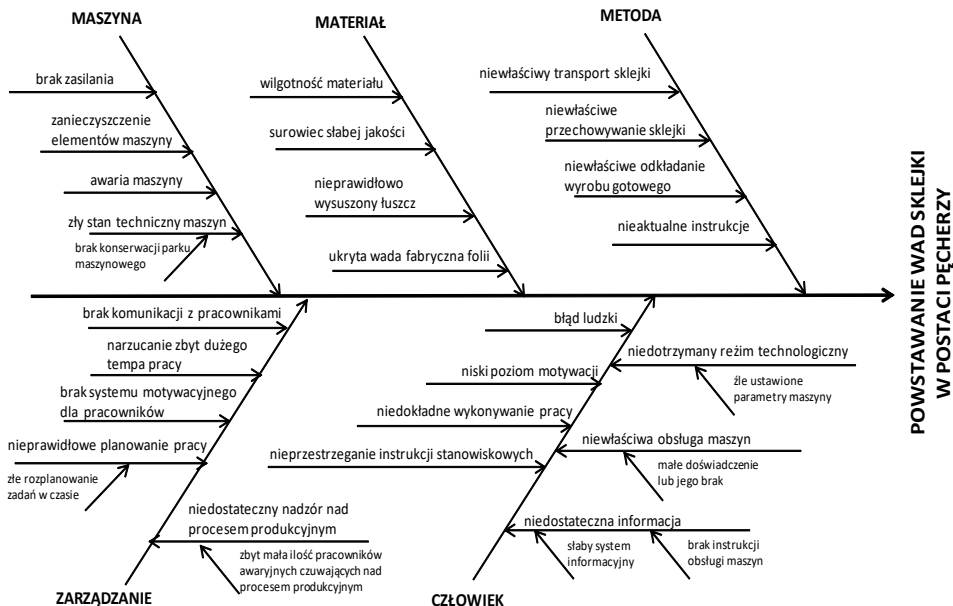


**Rys. 2.** Analiza Pareto-Lorentza analizowanego okresu badawczego

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Kolejnym narzędziem wykorzystanym do analizy wadliwości sklejk jest diagram Ishikawy. Metoda ta pozwoliła zidentyfikować źródła powstawania problemów oraz przyczyny występowania niezgodności. Diagram przedstawiony na rys. 3 został wykonany dla jednej wybranej wady (pęcherz). W grupie czynników maszyna najważniejszą przyczyną powstawania wady jest awaria maszyny, w obszarze materiał kluczowym czynnikiem jest wilgotność materiału oraz nieprawidłowo wysuszony łuszc. W grupie czynników należących do metody najistotniejszą przyczyną są nieaktualne instrukcje natomiast w zbiorze zarządzanie decydującą przyczyną powstawania wad jest narzucanie zbyt dużego tempa pracy. Do obszaru człowiek najważniejszym powodem jest niedotrzymanie reżimu

technologicznego co wiąże się z nieprawidłowym ustawieniem parametrów maszyny przez pracownika.



**Rys. 3.** Diagram Ishikawy przedstawiający przyczyny wpływające na powstawanie wad sklejki w postaci pęcherzy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie wywiadu z kierownikiem jakości.

Powstały w ten sposób syntetyczny zbiór informacji na temat potencjalnych przyczyn występowania wad będzie pomocny w dalszej analizie rozpatrywanego problemu przy użyciu metody FMEA.

Kolejnym narzędziem, które zostało wykorzystane to analiza FMEA. Technika ta pozwoliła na identyfikację czynników, które mogą wpłynąć na wystąpienie uszkodzeń w badanej sklejce oraz pozwoli na wyeliminowanie lub ograniczenie tych niezgodności. Analizę FMEA wykonano na podstawie formularza wyrobu. Arkusz zawiera takie informacje jak: nazwę wyrobu, rodzaj wady, skutki i przyczyny wystąpienia wady, wartości parametrów W, R, Z oraz wartość wskaźnika WPR. Ocenie poddano cechy konstrukcyjne badanej sklejki. Pierwszym etapem analizy jest określenie rodzaju wad, czyli niezgodności, które identyfikuje przedsiębiorstwo podczas procesu produkcji analizowanej sklejki. Kolejność niezgodności została uszeregowana według siły ich oddziaływania. Następnym krokiem było określenie

skutków wystąpienia każdej wady ze szczególnym uwzględnieniem w odniesieniu do klienta. Na tej podstawie ustalono wartości wskaźnika Z za pomocą skali 1-10. Następnie określono przyczyny wystąpienia każdej wady oraz ustalono wartość wskaźnika R za pomocą skali 1-10. Kolejnym krokiem było ustalenie wartości wskaźnika W stosując taką samą skalę jak w przypadku poprzednich. Aby nie popełnić błędu podczas ustalania wartości wskaźników R, W, Z trzymano się zasad ustalonych w tabeli 1, 2, 3. Na podstawie iloczynu wartości wskaźników R, W, Z obliczono wskaźnik WPR oznaczający współczynnik poziomu ryzyka wystąpienia wady, który może przyjmować wartości od 1 do 1000. Ustalona do analizy wartość graniczna WPR wynosi 80 natomiast w przypadku wartości równej lub większej 80 należy wprowadzić działania korygujące. W tabeli 4 przedstawiono analizę przyczyn i skutków wad badanej sklejki.

**Tab. 4.** Analiza przyczyn i skutków wad badanej sklejki

Rodzaj wady	Skutki wystąpienia wady	Przyczyny wystąpienia wady	W	R	Z	WPR
pęcherz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wyrób nie nadaje się do użytku na szalunki oraz do betonu architektonicznego,</li> <li>- zmiana przeznaczenia wyrobu,</li> <li>- obniżenie własności użytkowych,</li> <li>- brak parametrów wytrzymałościowych,</li> <li>- zwiększenie kosztów produkcji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- za duża wilgotność łąszczu,</li> <li>- niewłaściwe naniesienie masy klejowej</li> </ul>	1	10	10	100
brak folii na brzegach	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wyrób nie nadaje się do użytku na szalunki oraz do betonu architektonicznego,</li> <li>- w wyniku spęcznienia sklejki wyrób przyklei się do betonu,</li> <li>- zmiana przeznaczenia wyrobu,</li> <li>- obniżenie własności użytkowych,</li> <li>- dodatkowy proces formatowania do mniejszego wymiaru,</li> <li>- zwiększenie kosztów produkcji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niewłaściwe ustawienie maszyny,</li> <li>- koniec/początek rolki z folią fenolową,</li> <li>- uszkodzenia folii fenolowej,</li> <li>- opór powietrza powodujący podwijanie się filmu podczas załadunku wsadu do prasy,</li> <li>- nietrzymanie filmu przez elektrostatykę,</li> <li>- zbyt wysoka temperatura płyty</li> </ul>	1	10	10	100

Rodzaj wady	Skutki wystąpienia wady	Przyczyny wystąpienia wady	W	R	Z	WPR
pęknięcie folii	- wyrób nie nadaje się do użytku na szalunki oraz do betonu architektonicznego, - może wystąpić penetracja wody co powoduje wadę estetyczną betonu, - zmiana przeznaczenia wyrobu	- nagłe zmiany temperatury sklejki po procesie foliowania, - tendencja pęknięcia folii w przypadku pokrywania sklejki grubym filmem	1	9	10	90
niewyłożenie w środku	- w przypadku szalunku jest to wada estetyczna natomiast w przypadku betonu architektonicznego wyrób nie nadaje się do użytku, ponieważ pozostawi ślad	- wadliwy materiał wejściowy w postaci łuszczy, - słaba jakość łuszczy, - niewłaściwe dobranie lub wypadnięcie wstawki	2	5	8	80
wciśnięcie powierzchni	- wyrób nie nadaje się do użytku, ponieważ pozostawi ślad	- w wyniku prasowania skleki surowej do półek prasy przyklei się kawałek łuszczy	2	5	8	80
przeszlif	- w wyniku nierównomiernej grubości sklejki wyrób nie przenosi obciążeń, brak parametrów wytrzymałościowych, - obniżenie własności użytkowych	- awaria szlifierki, - niewłaściwe ustawienie szlifierki, - zła interpretacja danych przez pracownika, - zająście na siebie dwóch warstw łuszczy podczas formowania wsadu	1	4	10	40
niedoszlif	folia fenolowa nie przyklei się do sklejki, ponieważ w miejscu niedoszlifowania płyta jest cieńsza (brak odpowiedniego ciśnienia w tym miejscu), - w miejscu niedoszlifowania brak folii co powoduje, że wyrób nie nadaje się do użytku, - zmiana przeznaczenia wyrobu	- awaria szlifierki, - niewłaściwe ustawienie szlifierki, - zła interpretacja danych przez pracownika,	1	3	10	30
brak tolerancji (wymiar, frez)	- dodatkowy proces technologiczny, - zazwyczaj nie nadaje się do użytku na szalunki,	- błąd operatora, - zła interpretacja danych przez pracownika, - pośpiech pracownika,	1	2	8	16

Rodzaj wady	Skutki wystąpienia wady	Przyczyny wystąpienia wady	W	R	Z	WPR
	- obniżenie własności użytkowych	- niewłaściwe ustawienie maszyny, - nieodpowiednia kalibracja maszyny, - awaria maszyny				

Źródło: opracowanie własne na podstawie wywiadu z kierownikiem jakości.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że największe znaczenie mają wady tj. pęcherz, brak folii na brzegach, pęknięcie folii, niewyłożenie w środku oraz wciśnięcie powierzchni, których wartość wskaźnika WPR jest równa lub większa niż 80. W kolejnym kroku zaproponowano działania korygujące (tabela 5), które mają na celu zmniejszenie wskaźnika WPR.

Tab. 5. Działania na rzecz poprawy wykrywalności wady

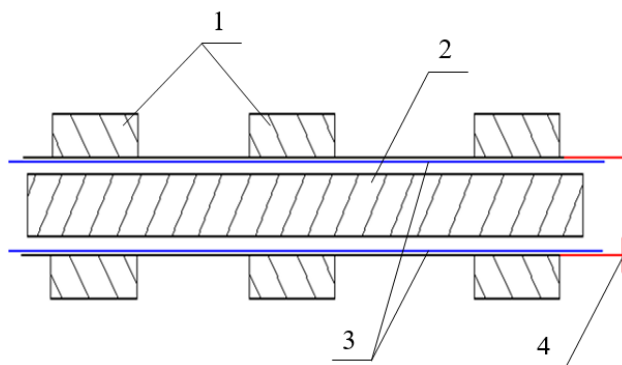
Rodzaj wady	Działania na rzecz poprawy wykrywalności wady	W	R	Z	WPR
pęcherz	- dodatkowa kontrola materiału wejściowego podczas kompletowania wsadów do pras, - kontrola nakładania masy klejowej na powierzchnię łuszczu	1	4	10	40
brak folii na brzegach	- okresowa kalibracja oraz przegląd maszyny, - wprowadzenie karty rejestracji wpisywanych nastaw maszyn, - szkolenie pracowników z analizy danych zawartych na rysunku technicznym, - dodatkowa kontrola stanu rólk z folią fenolową, - weryfikacja dostawców folii fenolowej, - zamontować urządzenie nadmuchujące chłodne powietrze na dolną powierzchnię sklejk surowej, - przedłużyć uchwyt transportujący sformowany wsad do prasy	1	2	10	20
pęknięcie folii	- kontrola temperatury otoczenia oraz przechowywania sklejki, - nie stawiać w przeciągach gorących sklejek po procesie foliowania	1	4	10	40
niewyłożenie w środku	- dodatkowa kontrola materiału wejściowego podczas kompletowania wsadów do pras, - proces naprawiania łuszczu zakończony dodatkową kontrolą	2	3	8	48
wciśnięcie powierzchni	- dodatkowa kontrola sklejki surowych przed procesem foliowania w czasie załadunku do prasy,	2	3	8	48
przeszlif	- okresowa kalibracja oraz przegląd maszyny,	1	3	10	30

Rodzaj wady	Działania na rzecz poprawy wykrywalności wady	W	R	Z	WPR
	- wprowadzenie karty rejestracji wpisywanych nastaw maszyn, - szkolenie pracowników z analizy danych zawartych na rysunku technicznym				
niedoszlif	- okresowa kalibracja oraz przegląd maszyny, - wprowadzenie karty rejestracji wpisywanych nastaw maszyn, - szkolenie pracowników z analizy danych zawartych na rysunku technicznym,	1	2	10	20
brak tolerancji (wymiar, frez)	- okresowa kalibracja oraz przegląd maszyny, - wprowadzenie karty rejestracji wpisywanych nastaw maszyn, - szkolenie pracowników z analizy danych zawartych na rysunku technicznym,	1	1	8	8

Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy przyczyn i skutków wad zawartej w tabeli 4 oraz po wskazaniu propozycji działań korygujących w tabeli 5 wynika, że wartości wskaźnika WPR wad o największym znaczeniu tj. pęcherz, brak folii na brzegach, pęknięcie folii, niewyłożenie w środku oraz wciśnięcie powierzchni zredukowano do wartości WPR wynoszących kolejno 40, 20, 40, 48, 48. Są to wady, które w głównej mierze uniemożliwiają lub utrudniają użytkowanie wyrobu zgodnie z przeznaczeniem.

Brak folii na brzegach badanej sklejki jest poważnym błędem wynikającym z procesu produkcji oraz ma zasadnicze znaczenie dla klienta. Wyrób posiadający tę wadę nie nadaje się do użytku, ponieważ w miejscu, gdzie powierzchnia płyty nie jest pokryta folią fenolową nastąpi spęcznienie sklejki co skutkuje przyklejeniem się do betonu. Analizując proces produkcyjny badanej sklejki stwierdzono, że przyczyną braku folii na brzegach jest opór powietrza wytwarzany w momencie załadunku wsadu do prasy, który powoduje podwijanie się filmu na powierzchni płyty. Sklejka surowa od góry i dołu pokryta jest folią fenolową, której powierzchnia jest nieco większa niż rozmiar płyty. Uchwyty, w które wyposażony jest obecny transporter taśmowy nie obejmują wsadu dokładnie na jego brzegach, dlatego dochodzi do podwijania się folii fenolowej do dołu. Propozycją rozwiązania tego problemu jest przedłużenie uchwytów transportujących sformowany wsad do prasy (Rys. 4).



**Rys. 4.** Pobór sformowanego wsadu wraz z przedłużonymi uchwytami

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 4 przedstawiono moment poboru przez uchwyty (1) sformowanego wsadu czyli sklejki surowej (2) pokrytej od góry i dołu folią fenolową (3). Kolorem czerwonym zaznaczono propozycję przedłużenia uchwytów (4). Dzięki takiemu rozwiązaniu podczas załadunku wsadu do prasy wytwarzany opór powietrza nie będzie powodował podwijać folii fenolowej do dołu.

## Podsumowanie

Zastosowanie metod i narzędzi zarządzania jakością w procesie produkcji sklejki pozwoliło na:

- zidentyfikowanie najistotniejszych wad wyrobu z punktu widzenia liczebności ich występowania,
- wykrycie źródeł powstawania problemów oraz przyczyn występowania niezgodności,
- znalezienie czynników, które mogą wpłynąć na wystąpienie wad,
- ustalenie działań mających na celu wyeliminowanie lub ograniczenie niezgodności.

Analiza wadliwości wyrobu za pomocą narzędzi zarządzania jakością tj.: diagram Pareto-Lorenza i wykres Ishikawy oraz metody FMEA potwierdziła, że proces produkcji badanej sklejki jest dość prosty, natomiast czynniki wpływające na jakość wyrobu są złożone i wzajemnie powiązane. W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano 8 rodzajów wad wyrobu. Wstępna analiza niezgodności za pomocą diagramu Pareto-Lorenza wykazała, że najliczniejszymi, a zarazem najważniejszymi



szymi wadami występującymi podczas procesu produkcji badanej sklejki są pęcherze (62%) oraz brak folii na brzegach (21%). Wady te odpowiadają za 83% wszystkich niezgodności występujących podczas procesu produkcji sklejki. Kolejnym wykorzystanym narzędziem był wykres Ishikawy, który umożliwił wskazanie przyczyn powodujących powstawanie wad w badanej sklejce. Do najważniejszych przyczyn zaliczono: wadliwy materiał wejściowy w postaci łąszczu, błąd operatora, niewłaściwa interpretacja danych, awaria maszyny, uszkodzenie podczas transportu.

Analiza FMEA wykazała, że wady o największym znaczeniu osiągające najwyższe wartości współczynnika poziomu ryzyka WPR to pęcherz i brak folii na brzegach (WPR=100), pęknięcie folii (WPR=90) oraz niewyłożenie w środku i wciśnięcie powierzchni (WPR=80). Przyczynami tych niezgodności są: duża wilgotność łąszczu, wysoka temperatura sklejki surowej, nagłe zmiany temperatury po procesie uszlachetniania sklejki oraz przeoczenia pracowników.

Na bazie osiągniętych wyników zaproponowano wiele działań zapobiegawczych mających na celu poprawę wykrywalności wad oraz wyeliminowanie powstawania niezgodności podczas procesu produkcji sklejki. Propozycjami rozwiązań są m.in.: dodatkowe kontrole, okresowe kalibracje maszyn i urządzeń, dbanie o czystość maszyn, zachowanie porządku na stanowisku pracy oraz wprowadzenie karty rejestracji wpisywanych nastaw maszyn.

W przypadku wady braku folii na brzegach zaproponowano przedłużenie uchwytów transportujących sformowany wsad do prasy, które eliminowałyby podwijanie się folii do dołu. Podjęcie działań naprawczych pozwoliło znacznie obniżyć wartość wskaźnika WPR każdej niezgodności. W przypadku wady braku folii na brzegach współczynnik WPR wyniósł 20 co pozwoliło na wyeliminowanie około 20% wszystkich wad występujących w badanym przedsiębiorstwie.

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele rozszerzeń metody FMEA. Przyszłe zastosowanie metody FMEA może obejmować ocenę wpływu na uczciwość sztucznej inteligencji (AI) oraz identyfikację ryzyka związanego z niesprawiedliwością w systemach AI. Metoda FMEA-AI stanowi modyfikację narzędzia inżynierskiego, umożliwiającą integrację moralnej wrażliwości i rozważań etycznych w proces projektowania istniejący w organizacji [Li i Chignell, 2022].

## **ORCID iD**

Patrycja Rogowska: <https://orcid.org/0000-0002-1156-5176>

## Literatura

1. Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W. (2016), *Lean Manufacturing: doskonalenie produkcji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, s. 39.
2. Bielawa A. (2011), *Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji*, Zeszyty Naukowe Studia i Prace WNEiZ , No 21, s. 143.
3. Czachor M. (2021), *Doskonalenie w systemach Lean Manufacturing*, (red. Stadnicka D.) Monografia Lean Manufacturing, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, s.145-148.
4. Dąbrowska M., Medyński D., Bieliński W., Kolbusz K. (2022), *Reorganization of the assembly station in the production process of the sliding floor for reloading ramps in the context of improving the quality of the finished product*, Technologia i automatyzacja montażu, nr 3.
5. Detyna B. (2011), *Zarządzanie jakością w logistyce, Metody i narzędzia wspomagające*, Wyd. I, Wałbrzych.
6. Gawlik J., Kielbus A., (2008), *Metody i narzędzia w analizie jakości wyrobów*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
7. Hamrol A., Mantura W. (2011), *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
8. Janisz K., Mikulec A. (2017), *Analiza FMEA wybranego procesu logistycznego*, Logistyka, No 6, s. 1389-1393.
9. Knop K., Ulewicz R. (2022), *Solving Critical Quality Problems by Detecting and Eliminating their Root Causes – Case-Study from The Automotive Industry*, Materials Research Proceedings, nr 24.
10. Li J., Chignell M. (2022), *FMEA-AI: AI fairness impact assessment using failure mode and effects analysis*, AI and Ethics, nr 2.
11. Martinelli M., Lippi M., Gamberini R. (2022), *Poka Yoke Meets Deep Learning: A Proof of Concept for an Assembly Line Application*, Applied Sciences, nr 12.
12. Ouyang L., Yan L., Han M., Gu X. (2022), *Survey of FMEA methods with improvement on performance inconsistency*, Quality and Reliability Engineering International, tom 38, wydanie 4.
13. PN-EN ISO 9000:2015 (2015), *Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia*, Warszawa.
14. PN-ISO 8402:1996 (1996), *Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości – Terminologia*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
15. Rusecki A. (2018), *Praktyczne zastosowanie metody FMEA na przykładzie produkcji koła pasowego w wybranym przedsiębiorstwie*, Quality production improvement, No 1(8), s. 7-18.

16. Tomaszewska K. (2022), *Wykorzystanie narzędzi zarządzania jakością do identyfikacji problemów w procesie produkcyjnym wybranego przedsiębiorstwa*, Akademia Zarządzania, No 6(4), s. 117-137.
17. Vargas-Sanders A. Ch., Velásquez-Camarena J. A., Quiroz-Flores J.C., Collao-Díaz, M.F. (2022), *Production Increase of a Peruvian Sleepwear Manufacturer SME through SLP, TPM, Poka Yoke and Work Standardization*, Proceedings of the First Australian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
18. Wyrębek H. (2012), *Znaczenie metody FMEA w zarządzaniu jakością w przedsiębiorstwach*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo – Humanistycznego w Siedlcach 2012 nr 92, s. 152.
19. Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P., (2013), *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

## Implementing quality control tools in a chosen production process – a case study

### Abstract

Manufacturing companies focus on ensuring that their products fully meet the needs and requirements of customers by establishing high quality standards and eliminating products that do not meet those requirements. During the production process, various product defects often arise, so it is important to identify the key and main defects of the product that generate the most problems and take corrective and preventive actions. This article describes an analysis of the causes of defects in plywood and presents proposals for actions to increase the detectability of these nonconformities and their elimination. The Pareto-Lorenza and Ishikawa diagrams were used to identify the most important defects and sources of nonconformities. Then, the FMEA method was used to determine the consequences and risks of each defect and identify those that should be eliminated first. The article also includes proposals for actions that the company can take to reduce or eliminate nonconformities.

### Key words

quality management, FMEA, Poka-Yoke