

# MINIMALIZACJA PRZESTOJÓW GNIAZDA PRODUKCYJNEGO DO KONFEKCJONOWANIA

Kamil KROT, Klaudia IZAK

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono proces usprawnienia funkcjonowania gniazda produkcyjnego do konfekcjonowania wyrobów. Szczególną uwagę zwrócono na minimalizację nieplanowanych przestojów. Opracowano rozwiązania poprawiające pracę stanowiska w zakresie: podsystemów urządzeń, przebrożenia stanowiska, personelu obsługującego stanowisko. Zastosowano metody Lean Management: analizę Pareto-Lorenza, wykres przyczynowo-skutkowy Ishikawy, wdrożono metodykę SMED. Zaproponowane rozwiązania skróciły czas przebrożeń stanowiska o 50% oraz zminimalizowały przestoje wywołane nieprawidłowościami w działaniu podsystemów technicznych oraz niewłaściwą pracą operatorów stanowiska.

Słowa kluczowe: organizacja produkcji, SMED, lean management

## 1. Wprowadzenie

Zarządzanie produkcją wiąże się z rozwiązywaniem różnej klasy problemów, podczas dążenia do realizacji założonych celów. Trudności mogą pojawić się na każdym etapie cyklu życia produktu, w związku z czym występuje konieczność wprowadzania dynamicznych usprawnień w poszczególnych działach.

Przedsiębiorstwa, w czasie wytwarzania, w dużej mierze borykają się z nieplanowanymi przestojami bądź długotrwałymi przebrożeniami. Z uwagi na to celem usprawnień może być zwiększenie wydajności, płynności przebiegu produkcji jak również minimalizacja zatrzymań procesu produkcji. Rozwiązywanie tego typu zagadnień wymaga przeanalizowania rodzaju i zmienności produkcji, specyfiki wytwarzanego produktu, a następnie wykorzystania odpowiednich metod i technik zapewniających udoskonalenie procesu. Każde nieplanowane zatrzymanie stanowiska pracy powoduje straty dla przedsiębiorstwa. Zostaje ograniczony dostępny czas eksploatacji, w związku z czym harmonogramy produkcji mogą zostać niezrealizowane w terminie, a w efekcie pojawiają się niedobory produktów. W przypadku pracy przerywanej wynikającej z ciągłego „gaszenia pożarów”, a nie eliminowania przyczyn źródłowych, zmniejsza się wielkość produkcji, a także mogą pojawić się straty dotyczące materiałów pośrednich wykorzystywanych przy wytwarzaniu.

Punktem wyjściowym jest analiza przestojów, gdyż zatrzymania mogą wynikać zarówno z niewłaściwej obsługi maszyny przez personel, jaki i z awarii podzespołów stanowiska pracy. W związku z tym wyłonienie przyczyn źródłowych problemów jest niezwykle istotne z punktu widzenia eliminacji zatrzymań. Z tego względu należy poświęcić uwagę na dokładne obserwacje procesu produkcyjnego i wyciągnięcie właściwych wniosków.

Działania korygujące zwykle rozpoczynają się od zmian organizacyjnych, ponieważ ich koszt jest stosunkowo niewielki, a korzyści relatywnie wysokie. Rozwiązania

usprawniające można wskazać poprzez narzędzia Lean Management. Zastosowanie analizy Pareto-Lorenza wraz z wykresem Ishikawy wyłania obszary mające największy udział w przestojach maszyny wraz z ich przyczynami źródłowymi. Dalszym działaniem jest wdrożenie metodyki SMED (ang. Single Minute Exchange of Die) w celu skrócenia czasu przezbrojenia poprzez eliminację marnotrawstwa oraz wykonywanie czynności niewymagających zatrzymania maszyny przed przystąpieniem do zmiany podzespołów [1, 2]. Kwestię usterek można rozwiązać w oparciu o filozofię kompleksowego utrzymania ruchu TPM (ang. Total Productive Maintenance), a więc przeszkolenie operatorów do autonomicznej konserwacji maszyny [3, 4, 5].

## **2. Charakterystyka stosowanych metod**

Opracowanie linii produkcyjnej jest dla przedsiębiorstwa zadaniem długoterminowym i zwykle wymaga dużych inwestycji kapitałowych. Z tego względu ważne jest właściwe zaprojektowanie i zrównoważenie linii, aby jej działanie było jak najskuteczniejsze. Linie produkcyjne są najczęściej używane w środowisku produkcji masowej, ponieważ pozwalają na wytworzenie gotowych produktów przy użyciu dedykowanych maszyn czy robotów. Nieplanowane przestoje są problemem w każdej branży. Często zwiększenie wydajności danej maszyny jest ściśle związane z celami strategicznymi przedsiębiorstwa. W związku z tym podejmowane są odpowiednie analizy i działania zwiększające zdolność produkcyjną, aby móc zaspokoić planowany poziom popytu.

Poprzez obserwacje i monitorowanie wydajności maszyny można sprawdzić, czy często występują nieplanowane przestoje. Rygorystyczna analiza zatrzymań na podstawie rzeczywistych zapisów pozwala na identyfikację przyczyn źródłowych, w wyniku czego można zdefiniować skuteczne działania korygujące w celu odzyskania optymalnego funkcjonowania maszyny.

### **2.1. Analiza PARETO**

Przeprowadzenie analizy Pareto ma na celu zidentyfikowanie głównych przyczyn przestożów w produkcji. Jest to metoda decyzyjna, która z uwagi na łatwość wdrożenia jest często używana w niemal każdej dziedzinie. Metoda opiera się na opracowanej przez ekonomistę Wilfredo Pareto zasadzie statystycznej i znana jest również jako zasada 80-20. Celem analizy jest wyłonienie 20% elementów „ważnych”, które zapewnią największe korzyści, gdyż stanowią 80% skumulowanej wartości cechy. W ten sposób przy użyciu obiektywnych środków można zidentyfikować najbardziej znaczący aspekt, na którym należy skupić uwagę, gdyż spośród dużej liczby zmiennych, tylko kilka ma istotny wpływ ekonomiczny.

Wyniki z analizy są zwykle przedstawiane na wykresie Pareto. Diagram obrazuje różne czynniki uszeregowane w kolejności malejącej. Reprezentacją graficzną tego jest wykres kolumnowy, na który nanoszona jest krzywa przedstawiająca skumulowany procent poszczególnych czynników w całkowitym wyniku [4, 5, 6].

### **2.2. Wykres przyczynowo - skutkowy**

Wykres przyczynowo-skutkowy, opracowany przez Kaoru Ishikawę, pozwala na identyfikację różnych możliwych przyczyn jakiegoś problemu i przez to ułatwia jego rozwiązanie. Często wykorzystywane jest zestawienie wykresów Ishikawy i Pareto,

ponieważ jest to bardzo efektywny środek rozwiązywania problemów i tworzenia planów poprawy.

Wyłonienie przyczyn na podstawie wykresu Ishikawy należy rozpocząć od określenia problemu, zebrania informacji dotyczących okoliczności, w których się pojawia, a następnie zapisania go w prawym rogu wykresu. Kolejnym krokiem jest zidentyfikowanie kategorii dla przyczyn, które będą stanowić „ości” tworzonego diagramu. [7].

### **2.3 Burza mózgów**

Burzą mózgów określa się serię procedur zaprojektowanych w celu maksymalizacji produktywności zespołów zaangażowanych w generowanie pomysłów. Ważne jest, aby wspierać wyobraźnię, otwierać kanały komunikacji i tworzyć proste pomysły. Z uwagi na to, że wiele osób może wytworzyć więcej pomysłów w porównaniu do samodzielnego działania, niezbędna jest dyskusja grupowa, mająca na celu promowanie motywacji do działania. W ten sposób można zidentyfikować potencjalne przyczyny problemów.

### **2.4 Metoda SMED**

Metoda SMED (Single Minute Exchange of Die) jest podstawą Lean Manufacturing. Skrócenie czasu wymaganego do zmiany ustawień maszyny jest wkładem w elastyczność przedsiębiorstwa, gdyż zaoszczędzony czas może być przeznaczony na wytwarzanie. Istnieją działania, które zmniejszają ten czas, np. standaryzacja, wprowadzenie operacji wykonywanych równolegle, usprawnienie transportu.

Metodologia SMED umożliwia wykonanie operacji przebrojenia maszyny w czasie krótszym niż 10 minut. Powstała w celu usprawnienia konfiguracji prasy, jednak jest to podejście, które można zastosować w każdym przedsiębiorstwie, przy ustawianiu dowolnej maszyny. Nie zawsze osiągnięcie takich efektów jest możliwe, lecz zastosowanie rozwiązań tej metody umożliwia znaczące skrócenie czasu przebrojenia. Realizacja SMED zaczyna się od obserwacji, a następnie oceny i wdrożenia prowadzącego do standaryzacji i generowania standardowych dokumentów produkcyjnych [5].

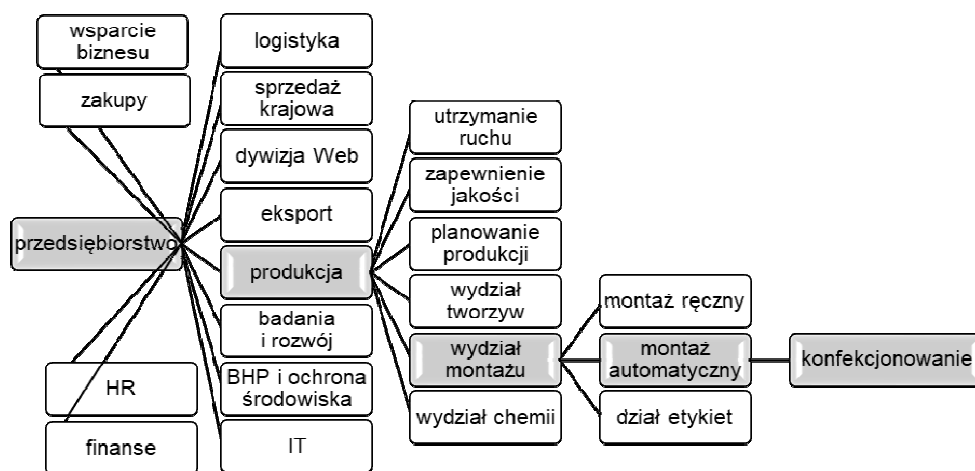
### **2.5 Diagram Yamazumi**

Wykres Yamazumi zwany również bilansem operatorów to narzędzie graficzne pokazujące podział operacji wśród operatorów (zwykle linii montażowej). Pionowe słupki reprezentują całkowitą zawartość pracy, którą musi wykonać pracownik. Kolumna każdego operatora składa się z mniejszych słupków ułożonych jeden na drugim, których wysokość jest proporcjonalna do czasu potrzebnego na wykonanie zadania. Na wykresie w zależności od celu analizy można oznaczyć także czas taktu, przy czym wysokość żadnej z kolumn nie może tej linii przekroczyć. To narzędzie jest szczególnie przydatne, gdy pojawia się potrzeba zrównoważenia zadań [6].

Optymalny podział zadań pomiędzy operatorów zwiększa efektywność danej linii. Wykres Yamazumi jest podstawą do ustandaryzowania pracy poprzez wybór odpowiedniej sekwencji wykonywanych operacji. Zaleca się jego wykorzystanie przy reorganizacji produkcji typu push (wytwarzanie i przekazywanie produktów na następne stanowisko niezależnie od zużycia) na pull (przekazywanie wyrobów do kolejnego procesu, gdy są potrzebne), poprawie współpracy między stanowiskami, skróceniu czasu przebrojenia.

### 3. Charakterystyka przedsiębiorstwa i stanowiska pracy

Opisywane przedsiębiorstwo składa się z 14 działów. Najistotniejszym obszarem z punktu widzenia niniejszego artykułu jest produkcja, która obejmuje wydziały: tworzyw sztucznych, montażu oraz chemii. Działania utrzymania ruchu oraz zapewnienia jakości obejmują całą produkcję. Analizowane w ramach opisywanych działań stanowisko pracy do konfekcjonowania wyrobów należy do wydziału montażu automatycznego. Cała struktura przedsiębiorstwa z wyróżnieniem umiejscowienia omawianego stanowiska jest przedstawiona na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura przedsiębiorstwa z usytuowaniem stanowiska konfekcjonowania

W przedsiębiorstwie realizowana jest produkcja seryjna, przy czym okresy powtarzalności są zmienne nieregularnie. Stanowisko do konfekcjonowania, przedstawione na rysunku 2, jest linią produkcyjną z taktom wymuszonym poprzez przenośniki taśmowe, pracującą w cyklu półautomatycznym.



Rys. 2. Widok na stanowisko do konfekcjonowania

Omawiane stanowisko jest obsługiwane przez 3 osoby, tj. operatora oraz dwóch pracowników do pomocy. W celu podniesienia wydajności pracy i wyeliminowania przestarzałych podzespołów wywołujących najczęstsze awarie, przedsiębiorstwo zdecydowało się na modernizację maszyny. Obecnie linię można podzielić na moduły opisane w tabeli 1.

Tab. 1. Charakterystyka modułów stanowiska do konfekcjonowania

Nazwa modułu	Opis pracy modułu
Kartoniarka	Maszyna formuje kartoniki nowego typu, w które zasypywany jest asortyment. Wymagane jest stałe uzupełnianie buforów kartoników do formowania.
Bunkry wibracyjne	Dwa zbiorniki, do których jeden z pomocników zasypuje asortyment. Możliwe jest pakowanie do jednego kartonika jednego bądź dwóch różnych asortymentów. W celu zapewnienia ciągłej pracy bunkry muszą być stale zapełnione.
Maszyna ważąco-licząca	Jest to najważniejszy moduł, który zapewnia zasypanie właściwej ilości asortymentu do kartonika zgodnie z parametrami zadanymi przez operatora.
Zamykanie kartonika	Po zapełnieniu kartonika asortymentem, przesuwany jest on przenośnikiem taśmowym. Następnie nakładany jest klej, a wieczko zamykane.
Etykietowanie	Drukarko-etykieciarka pełni funkcję aplikatora przyklejającego do kartonika etykietę jednostkową, która następnie jest zaginana przez rolkę.
Składanie opakowań zbiorczych	Maszyna formuje opakowania zbiorcze, które przesuwane są poprzez przenośnik taśmowy do robota.
Robot	Robot według zadanych parametrów wkłada odpowiednią liczbę kartoników jednostkowych do opakowania zbiorczego.
Ważenie opakowań zbiorczych	Po uzupełnieniu opakowania zbiorczego kartonikami następuje ważenie w celu kontroli masy.
Zamykanie opakowań zbiorczych	Jeżeli masa mieści się w ustalonych odchyłkach, opakowanie jest przesuwane przenośnikiem taśmowym i zaklejane taśmą.
Układanie na palecie	W ostatnim etapie pracownik odbiera wytworzony asortyment, przykleja etykietę zbiorczą i układa opakowania zbiorcze na palecie.

Dodatkowo zainstalowane zostało oprogramowanie, które umożliwia zapisanie zoptymalizowanych przez pracowników parametrów maszyny w zależności od realizowanego indeksu (produktu). Pozwala to na znaczne skrócenie czasu przezbrojenia, poprzez wykorzystanie zapisanych ustawień systemowych.

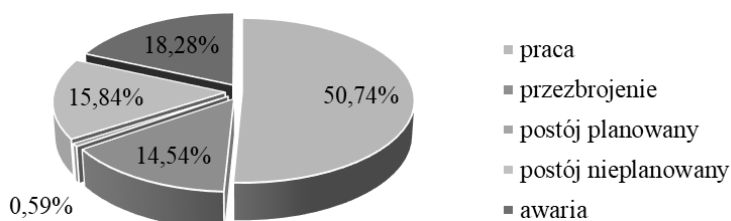
#### 4. Analiza stanowiska pracy do konfekcjonowania

Po przeprowadzeniu modernizacji technicznej maszyny pojawiły się nowe problemy. W wyniku tego wydajność nie uległa takiemu wzrostowi jakiego zakładało przedsiębiorstwo przed inwestycją. Podjęto kroki w celu ustalenia przyczyn takiej sytuacji oraz osiągnięcia założonych rezultatów. Zdecydowano się na przeprowadzenie obserwacji maszyny oraz

pracowników ją obsługujących. W tym czasie dokonywano pomiarów czasowych z opisem sytuacji powodujących zatrzymanie linii oraz problemów pojawiających się podczas pracy.

Z uwagi na obecny stan kierownictwo zdecydowało się na zorganizowanie wizyty osoby reprezentującej producenta maszyny, która miała przeszkolić operatorów i pomóc w ustawieniu linii podczas przebrojeń przy indeksach problematycznych.

Przedstawiciel producenta dopracowywał ustawienia i mechanicznie ustawiał bandy wzdłuż przenośników taśmowych, aby zapewnić przepływ zgodny z potencjałem maszyny. W tym czasie operatorzy mogli obserwować reakcje specjalisty na zatrzymaniu, jak również dowiedzieć się z czego wynikają komunikaty wyświetlane na maszynie. Ustawiono i oznaczono optymalne wymiary band i wymiennych modułów. Standaryzacja ma na celu umożliwienie operatorom odtworzenie ustawień w szybki sposób, aby skrócić czas przebrojenia. Ostatnie dwa tygodnie obserwacji pozwoliły ocenić pracę operatorów po ustawieniu parametrów maszyny przez producenta oraz wyłonić obszary wymagające dalszych działań i optymalizacji. Całościowe dane odnośnie stanów maszyny przedstawione są na rysunku 3.



Rys. 3. Charakterystyka stanów maszyny po wizycie specjalisty

W czasie obserwacji zostały wyłonię i scharakteryzowane problemy, a następnie uszeregowane odpowiednio ze względu, na obszar którego dotyczą: pracy maszyny, przebrojeń, pracowników. Analiza czasów występujących przestojów wykazuje, że główne problemy wynikają z trudności w ustawieniu parametrów robota oraz jego położenia względem kartoników. Pracownicy, aż 72 razy musieli interweniować co w konsekwencji wywołało 338 minut postoju. Dane szczegółowe dotyczące przyczyn przestojów przedstawione są w tabeli 2.

Tab. 2. Zestawienie danych czasowych dotyczących przyczyny przestojów

Etykiety wierszy	Sumaryczny czas przestojów [min]	Liczba wystąpień przestojów
Problem z robotem	338,19	72
Problem z kartoniarką	191,45	61
Problem z zamykaniem kartoników	175,67	80
Problem z etykietowaniem	152,35	44
Problem z maszyną ważąco-liczącą	135,50	53
Inne	51,48	11
Problem z opakowaniem zbiorczym	30,85	32
Problem z wagą	6,22	1
Suma końcowa	1081,71	354

Oprócz pracy samej maszyny szczegółowej analizie poddano jej przebrojenia. Kierownictwo opracowało kartę przebrojeń, jednak pracownicy się do niej nie stosowali, a po modernizacji maszyny instrukcja nie została zaktualizowana. Czynności przewidziane dla trzech osób wykonywane są przeważnie przez jedną, co sprawia, że czas przebrojenia maszyny znacznie się wydłuża i trwa średnio 48 minut. W przypadku jedynie zmiany asortymentu postój maszyny wynosi średnio 23 minuty. Obserwacje wykazały, że po uruchomieniu przebrojonej maszyny wiele przestojów wynika właśnie z niedokładnego ustawienia band i konieczności ich korekcy.

Kolejny czynnik wpływający na funkcjonowanie stanowiska to personel. Operatorzy zmieniają parametry maszyny w oparciu o doświadczenie, w związku z czym ten sam indeks (produkt) jest realizowany z innymi ustawieniami. Z uwagi na to, że dział utrzymania ruchu obejmuje wszystkie maszyny, operatorzy mają problem z poinformowaniem odpowiedniej osoby o awarii maszyny. Muszą odchodzić od stanowiska, co zajmuje często nawet kilka minut i wydłuża postój.

W przypadku przebrojeń pracownicy wykorzystują klucze imbusowe oraz płaskie, które znajdują się szafce. Często się zdarza przechodzenie po kilka razy do szafki. Przejście zajmuje nawet do minuty czasu z uwagi na wymiary maszyny. Przedsiębiorstwo nie przykładają wagi do przeszkolenia pracowników oraz określania zakresów obowiązków.

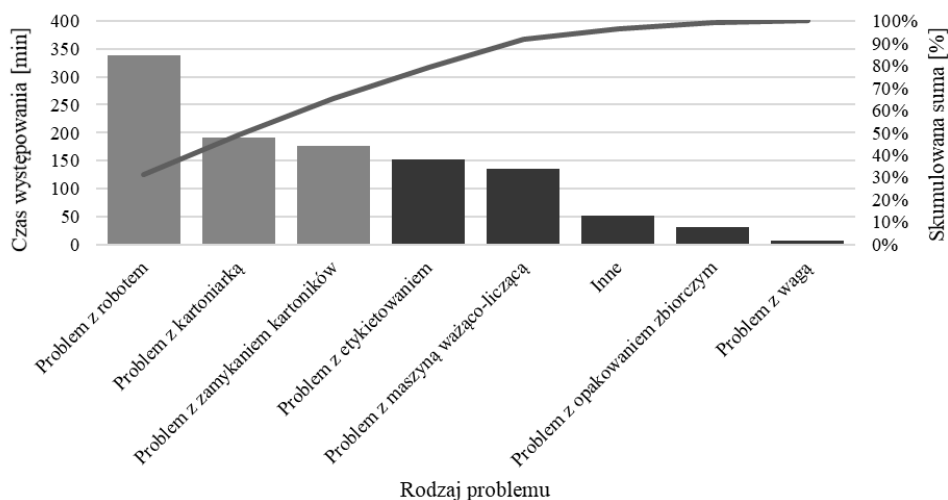
## **5. Propozycje usprawnień stanowiska do konfekcjonowania**

Zminimalizowanie przestojów linii produkcyjnej jest możliwe poprzez wyłonienie ich przyczyn źródłowych oraz wdrożenie zmian organizacyjnych, w tym celu zastosowano:

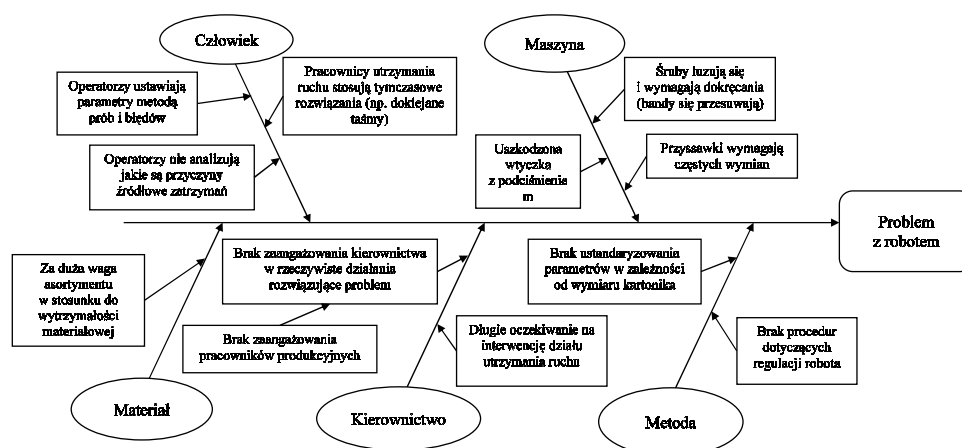
- analizę Pareto – wyłonienie głównych problemów,
- wykres Ishikawy – znalezienie przyczyn dla głównych problemów,
- metodę SMED, listy kontrolne i diagram Yamazumi – skrócenie czasu przebrojenia,
- standaryzację pracy – uzyskanie jednakowych wyników niezależnie od operatora,
- system zgłaszania problemów – skrócenie czasów awarii i usterek.

Przeprowadzenie analizy Pareto ma na celu wyłonienie głównych czynników wpływających na zatrzymania spośród danych dotyczących maszyny. Wyniki przedstawione są na rysunku 4. Wyłonione problemy przeanalizowano ze względu na czas występowania, jednakże liczba wystąpień daje zbliżone wyniki. Korzystając z zasady, iż około 30% przyczyn generuje blisko 70 % skutków, wyłoniono 3 grupy problemów, które należy rozwiązać w pierwszej kolejności, aby osiągnąć jak najlepsze wyniki. Problemy z robotem, kartoniarką i zamykaniem kartoników stanowią 65% wszystkich przestojów spowodowanych przez usterkę maszyny. Wyłonienie przyczyn źródłowych trzech głównych problemów wyznaczonych z diagramu Pareto jest możliwe w oparciu o wykres przyczynowo-skutkowy. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowe przyczyny wywołujące zatrzymanie maszyny z powodu problemów z robotem.

Rozwiązanie przedstawionych przyczyn pozwoli zaoszczędzić sporo czasu, ponieważ w ciągu tygodnia średnio 66% wszystkich postojów nieplanowanych dotyczy problemów właśnie z tymi trzema modułami. Przebrojenie można rozważać w kwestii czasu straconego, ponieważ maszyna wtedy nie pracuje. Z uwagi na to należy podejmować kroki mające na celu skrócenie tego czasu i wykorzystanie go na produkcję przynoszącą wartość dodaną, bądź większą liczbę przebrojeń, która zwiększy elastyczność przedsiębiorstwa na oczekiwania klienta.



Rys. 4. Diagram Pareto – główne problemy na stanowisku do konfekcjonowania



Rys. 5. Wykres przyczynowo-skutkowy problemów z robotem

Na podstawie analizy filmu jednego z przebrojeń zostały stworzone karty przebiegu przebrojenia dla każdego z pracowników, które uwzględniają czynności przez nich wykonywane. Większość z czynności może być realizowana jednocześnie, o ile wszystkie osoby biorą czynny udział w przebrojeniu. Jest to niezwykle istotne z uwagi na wymiary maszyny oraz eliminację marnotrawstwa w postaci przemieszczania się pracowników wokół maszyny. Na karcie przebiegu przebrojenia dokonano podziału czynności na wewnętrzne oraz zewnętrzne. Przez niemal 89% czasu przebrojenia operator wykonuje czynności wymagające wyłączenia maszyny. W przypadku Pomocnika 1 i Pomocnika 2 udziały procentowe wynoszą odpowiednio 22% oraz 31%.

Można zauważyć, że pracownicy nie przygotowują się do przebrojenia przed jego rozpoczęciem. Po zatrzymaniu maszyny następuje dobieranie odpowiednich narzędzi, weryfikowanie na jaki wymiar kartonika należy przebroić linię, jak również w czasie wymiany elementów następuje szukanie odpowiednich części.



Rozmieszczenie kluczy koniecznych do przebrojenia w pobliżu miejsc ich użytku skróci czas na ich poszukiwanie, ponieważ nie zawsze są one odkładane do szafki. Ma to również wpływ na czas zatrzymania podczas pracy maszyny, gdy konieczna jest korekcja ustawień. Regulacja szerokości band zajmuje aż 29% całkowitego czasu przebrojenia. Z tego względu najlepszym rozwiązaniem może się okazać zmiana sposobu regulacji band przy przenośnikach taśmowych. Zastosowanie przykładowo ograniczników sprężynowych umożliwi szybsze i równoległe ustawienie band. W tym celu należy w prętach mocujących bandy wykonać, a następnie oznaczyć otwory w zależności od wymiarów kartonika. Wyeliminuje to konieczność fizycznej weryfikacji z jego udziałem oraz skróci czas wynikający z luzowania i mocowania śrub. W wyniku wykonywania czynności zewnętrznych przed lub po przebrojeniu oraz wyeliminowaniu bezczynności można zyskać 11% oszczędności czasu. Dane te wynikają z tabeli 3.

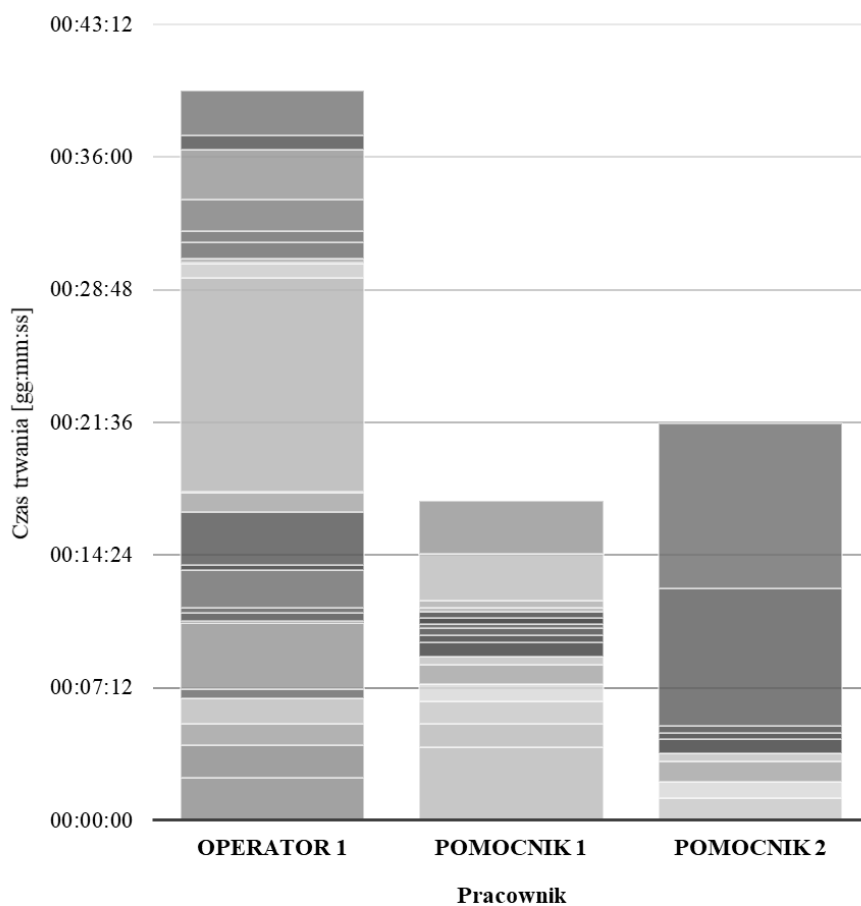
Tab. 3. Zysk czasowy, wynikający z wykonywania czynności zewnętrznych poza czasem przebrojenia

	Operator 1 [gg:mm:ss]	Pomocnik 1 [gg:mm:ss]	Pomocnik 2 [gg:mm:ss]
Czas przebrojenia obecnie	00:39:38	00:39:38	00:39:38
Czas przeznaczony na wykonanie czynności zewnętrznych	00:04:23	00:08:42	00:08:42
Czas bezczynności pracownika	00:00:00	00:22:16	00:18:31
Czas przeznaczony na przebrojenie po zmianach	00:35:15	00:08:40	00:12:25
Zysk czasowy [%]	11,1	78,1	68,7

Wyeliminowanie czynności zewnętrznych z czasu przebrojenia ułatwi wprowadzenie list kontrolnych, na których pracownicy przed przystąpieniem do przebrojenia będą odznaczać przygotowane elementy. Ich stosowanie zminimalizuje możliwość wystąpienia błędów. Listy powinny obejmować wykaz narzędzi, materiałów czy czynności koniecznych do wykonania przed zatrzymaniem maszyny.

Opracowanie diagramu Yamazumi umożliwi zobrazowanie obciążeń każdej z osób w czasie przebrojenia a następnie ich zrównoważenie. Obecny stan przedstawiony jest na rysunku 6. Czas trwania poszczególnych czynności zróżnicowano kolorami. Uwzględnione zostały wyłącznie czynności zewnętrzne i wewnętrzne, z pominięciem bezczynności pracowników. Słupki każdego z pracowników jest zbudowany z pojedynczych czynności wyodrębnionych w karcie przebiegu przebrojenia.

Z wykresu wyraźnie wynika jak wiele zadań wykonuje Operator 1, w związku z czym należy rozłożyć poszczególne czynności również na pozostałe dwie osoby. Należy wybrać operacje, które są możliwe do przeprowadzenia przez pomocników, a następnie przeszkolić ich w tym zakresie. Tym sposobem można uzyskać skrócenie czasu przebrojenia o 52%, ponieważ po blisko 19 minutach operator dokonuje kontroli jakości kartoników. Dane te zostały przedstawione w tabeli 4.

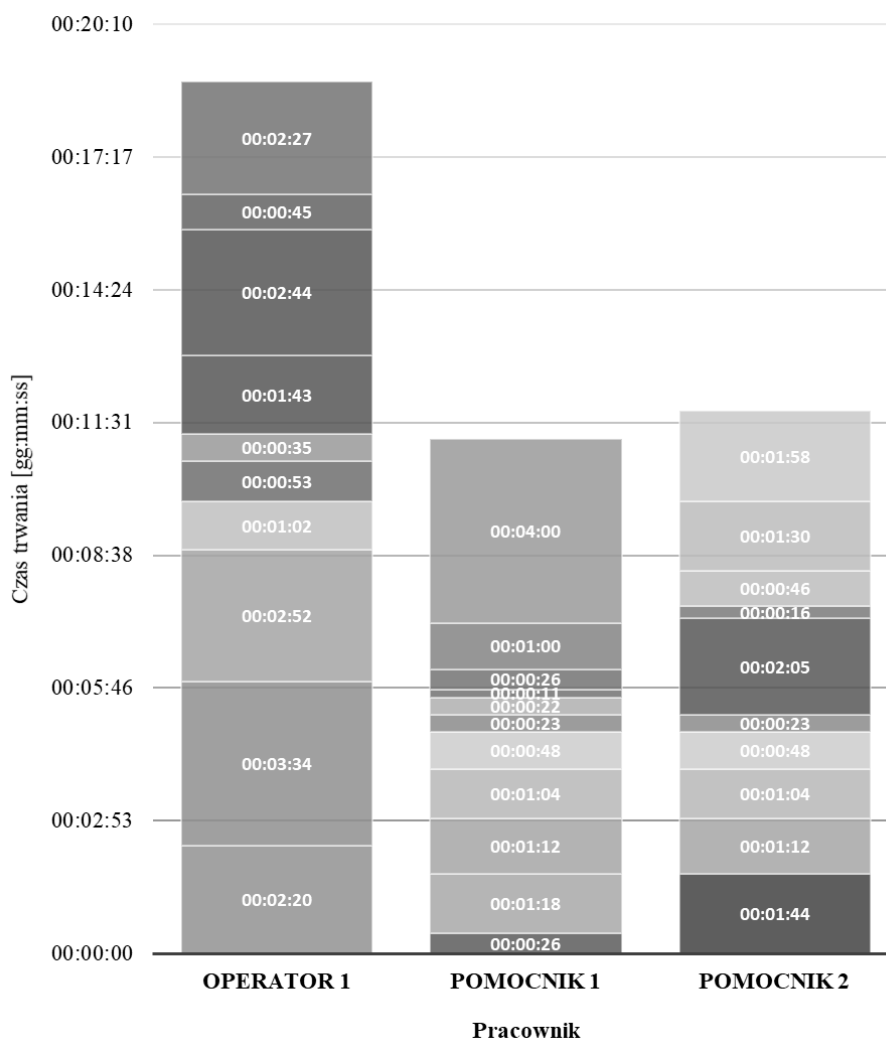


Rys. 6. Wykres Yamazumi dla stanu obecnego

Tab. 4. Oszczędności czasowe po zrównoważeniu obciążeń

Czas przebrojenia przed zrównoważeniem obciążeń [gg:mm:ss]	00:39:38
Czas przebrojenia po zrównoważeniu obciążeń [gg:mm:ss]	00:18:55
Zyskany czas [gg:mm:ss]	00:20:43
Zysk czasowy w procentach [%]	52,3

Propozycja kompensacji obciążeń zilustrowana jest na rysunku 7. Większe zrównoważenie nie jest możliwe z uwagi na odpowiedzialność Operatora za ustawienia systemowe. Przestrzeganie właściwej kolejności wykonywania zadań przez pracowników pozwoli zminimalizować czas oczekiwania pomiędzy operacjami wykonywanymi równoległe. Z tego względu zmodyfikowano kartę przebrojeń. Podczas ustalania harmonogramu planiści powinni zwracać uwagę na zmianę wymiarów kartonika.



Rys. 7. Diagram Yamazumi - propozycja zrównoważenia obciążeń

W celu ograniczenia czynności wykonywanych w czasie przebrojenia warto kierować się schematem określającym sekwencję zmiany wymiarów kartonika w zależności od prędkości i czasochłonności przebrojenia. Na rysunku 7 przedstawiono sytuację po zmianach, które nie obejmowały tylko zrównoważenia obciążeń ale również skrócenie czasu trwania czynności. Przez to połączenie dwóch zagadnień nie wykazano, że czynności po zmianach trwają krócej i w efekcie sumaryczny czas ich trwania również uległ skróceniu. Przykładowo na rysunku nr 6 dla Operatora 1 zaznaczono czynność "Ustawienie szerokości bandy wzdłuż przenośników taśmowych" trwa ona 00:11:37 [gg:mm:ss], a na rysunku 7 ta sama czynność przypisana jest Pomocnikowi 1 i trwa już tylko 00:04:00 [gg:mm:ss]. Analizując proces zmiany asortymentu również można zauważyć czynności zewnętrzne wykonywane przez operatora. Wykonanie ich w czasie pracy maszyny skróci czas przebrojenia z 22 minut do średnio 12 minut co daje 48% zysk.

## 6. Podsumowanie

W artykule głównym celem było przedstawienie analizy linii produkcyjnej z uwagi na możliwość minimalizacji przestojów. W wyniku obserwacji pracowników i metodyki ich pracy, zostały zebrane dane, na podstawie których przedstawiono propozycje zmian.

Zastosowane narzędzia Lean Management wyznaczają moduły stanowiska, w których działania korygujące przyniosą najlepsze rezultaty. Wskazanie pracownikom utrzymania ruchu obszarów, w których należy wyeliminować przyczyny usterek związanych z robotem, kartoniarką i zamykaniem kartoników przyczyni się do zwiększenia czasu dostępności maszyny oraz odciąży to pracowników od stałego ingerowania w proces. Ponadto przeszkolenie operatorów w zakresie konserwacji maszyny i usuwania usterek mających charakter powtarzalny, umożliwi szybszą reakcję na występujący problem.

W wyniku przeprowadzenia analizy SMED możliwe jest skrócenie czasu przezbrojenia, który dotychczas był bezpodstawnie wydłużony. Ustalenie sekwencji wykonywanych operacji wpłynie na uzyskanie lepszych rezultatów. Dodatkowo poprzez wprowadzenie list kontrolnych możliwe jest wykonywanie czynności zewnętrznych w czasie pracy maszyny. W efekcie poprzez zmiany organizacyjne można uzyskać skrócenie czasu o ok 50% przy każdym przezbrojeniu, co przekłada się na zysk dla przedsiębiorstwa.

## Literatura

1. Boran S., Ekincioğlu C., „A novel integrated SMED approach for reducing setup time,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, tom 92, nr 9-12, p. 3941–3951, 6 May 2017.
2. Lozano J, Saenz-Díez J. C., Martínez E., Jiménez E., Blanco J., „Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, tom 90, nr 9–12, p. 3607–3618, 11 November 2016.
3. Méndez Morales J. D. i Rodriguez R. S., „Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, tom 92, nr 1-4, p. 1013–1026, 2017.
4. Lewandowski J, Skołod B., Plinta D., „Organizacja systemów produkcyjnych”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2014
5. Knosala R. (red.): „Inżynieria Produkcji. Kompendium wiedzy”, 2017, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, ISBN 978-83-208-2270-0.
6. Romanowska M., „Podstawy organizacji i zarządzania”, Difin, Warszawa 2000
7. Szczęśniak B., Zasadzień M. i Wapienik Ł., „Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych,” *Zeszyty Naukowe "Organizacja i Zarządzanie" Politechniki Śląskiej*, pp. 125-147, 2012 Zeszyt 63a.

Dr inż. Kamil KROT

Klaudia IZAK

Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji  
Politechnika Wrocławska

50-371 Wrocław, ul. Ignacego Łukasiewicza 5

tel.: (71) 320 37 81

e-mail: kamil.krot@pwr.edu.pl