



Wydział
Mechaniczny



Instytut Informatyki
i Zarządzania Produkcją
ul. Szafrana 4
65-246 Zielona Góra

tel. (0-68) 328-22-73
sekretariat@iizp.uz.zgora.pl

INŻYNIERIA

PRODUKCJI

*Bliżej
praktyki*

Pod redakcją:
Juliana Jakobowskiego
Justyny Patalas-Maliszewskiej
Sławomira Kłosa

7 i P

10

INŻYNIERIA PRODUKCJI

Blżej praktyki

Pod redakcją:
Juliana Jakubowskiego
Justyny Patalas-Maliszewskiej
Sławomira Kłosa

Zielona Góra – styczeń – 2016

UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI
Rada Wydawnicza Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją
Julian Jakubowski, Sławomir Kłos,
Justyna-Patalas-Maliszewska, Michał Sąsiadek, Roman Stryjski, Waldemar Woźniak



Autorzy rozdziałów:

Rozdział 1: Roman Kielec, Marcin Bac

Rozdział 2: Iwona Wawrzynkiewicz, Sławomir Kłos

Rozdział 3: Julian Jakubowski, Dominik Golec

Rozdział 4: Michałina Kubiak, Justyna Patalas-Maliszewska

Rozdział 5: Karol Dąbrowski, Kamil Leksycki

Rozdział 6: Katarzyna Skrzypek, Karol Dąbrowski, Anna Kuryś, Marta Kowalska

Rozdział 7: Paweł Wabno, Marek Sałamaj

Redakcja naukowa:

Julian Jakubowski

Justyna Patalas-Maliszewska

Sławomir Kłos

Recenzenci:

prof. **Irene Krebs**, prof. **Josef Basl**

© Copyright by Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
Zielona Góra 2016

ISBN: 978-83-65200-01-3

Spis treści

Przedmowa	5
Rozdział 1	
Algorytmy genetyczne w optymalizacji procesów projektowo-konstrukcyjnych	7
<i>Roman Kielec, Marcin Bac</i>	
Rozdział 2	
Analiza systemów zarządzania jakością w firmach produkcyjnych branży wyrobów medycznych	25
<i>Iwona Wawrzynkiewicz, Sławomir Klos</i>	
Rozdział 3	
Wdrażanie system TPM w Oddziałach Zakłady Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A.	37
<i>Julian Jakubowski, Dominik Golec</i>	
Rozdział 4	
Modelowanie procesów biznesowych w aspekcie wdrożenia systemu Business Intelligence w przedsiębiorstwie produkcyjnym	57
<i>Michalina Kubiak, Justyna Patalas-Maliszewska</i>	
Rozdział 5	
Porównanie narzędzi obróbczych MS200M D6.0C oraz MS131 D6.0/6.0T w procesie frezowania materiału – laminat hpl.....	69
<i>Karol Dąbrowski, Kamil Leksycki</i>	
Rozdział 6	
Proces zarządzania innowacjami produktowymi i technologicznymi w polskich przedsiębiorstwach produkcyjnych – analiza wyników badań pilotażowych	77
<i>Katarzyna Skrzypek, Karol Dąbrowski, Anna Kuryś, Marta Kowalska</i>	
Rozdział 7	
Optymalizacja procesu przyjęcia towaru w zakresie szybkiej identyfikacji detali z użyciem kodów kreskowych	85
<i>Paweł Wabno, Marek Salamaj</i>	

Bibliografia	101
Autorzy	104

PRZEDMOWA

Szanowni Państwo,

Oddajemy do Państwa rąk 10-ty jubileuszowy numer Zeszytów Naukowych Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego. Jest to również szczególna data 10-lecia funkcjonowania Wydawnictwa Instytutowego, którego Inicjatorem i Twórcą jest dr inż. Julian Jakubowki. To dzięki dr Jakubowskiemu, który koordynuje Radę Wydawniczą, możemy, tj. pracownicy naukowcy oraz studenci kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, nieprzerwanie od roku 2006 publikować nowoczesne rozwiązania stosowane w dyscyplinie Inżynieria Produkcji.

Prezentowana publikacja zawiera treści będące wybranymi koncepcjami i rozwiązaniami możliwymi do zaimplementowania lub już wdrożonymi w praktyce gospodarczej. Są to przede wszystkim wypracowane metody i instrumenty w inżynierii Produkcji w wyniku realizacji prac dyplomowych na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji.

W rozdziale pierwszym zaprezentowano jedną z najnowszych metod wspomagania komputerowego procesów projektowo-konstrukcyjnych, tj. optymalizację za pomocą algorytmu ewolucyjnego. Prezentowana innowacyjna metoda planowania opiera się na zapisie procesu projektowania w postaci specjalnie zaprojektowanej macierzy zależności.

Rozdział drugi obejmuje analizę badań głównych efektów wdrażania oraz ocenę funkcjonowania systemów zarządzania jakością (SZJ) zgodnych z normą ISO 13485 na podstawie badań ankietowych w przedsiębiorstwach branży medycznej.

W rozdziale trzecim przedstawiono analizę wdrażania systemu TPM w Zakładach Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A., na podstawie sekcji produkcyjnej Rejonu Młynowni-Flotacji ZWR.

Rozdział czwarty to prezentacja działalności przedsiębiorstwa produkcyjnego w postaci standardowego zapisu w notacji BPMN (ang. Business Process model and Notation) w kontekście wdrożenia narzędzia informatycznego Business Intelligence.

W rozdziale piątym omówiono wybrane zagadnienia związane z poprawą jakości frezowanych przedmiotów wykonanych z laminatów z tworzywa sztucznego poprzez ograniczenie błędów procesu skrawania poprzez dobór odpowiedniego narzędzia obróbczego. Na wybranych przykładach przedstawiono sposoby zmniejszania błędów obróbki poprzez zastosowanie odpowiedniego narzędzia na zasadzie porównania dwóch narzędzi przeznaczonych do pracy z tego typu materiałem.

W rozdziale szóstym przedstawiono analizę wyników badań pilotażowych, dotyczących procesu zarządzania innowacjami produktowymi i technologicznymi w polskich przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Rozdział siódmy to propozycja stanowiska wykorzystującego czytnik kodów kreskowych do szybkiej identyfikacji detali w przedsiębiorstwie produkcyjnym Polwab, wykorzystującego połączenie czytnika kodów kreskowych zintegrowanego z aplikacją bazodanową umieszczoną w pamięci wewnętrznej tabletu.

Zapraszamy do lektury wyjątkowej, jubileuszowej publikacji w zakresie współczesnych rozwiązań w Inżynierii Produkcji.

Redaktorzy

ALGORYTMY GENETYCZNE W OPTYMALIZACJI PROCESÓW PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNYCH

1. WPROWADZENIE

Postęp techniczny na przełomie XX i XXI wieku spowodował rozpoczęcie szeroko pojętego procesu komputeryzacji na świecie. Wszelkiego rodzaju możliwe zastosowania komputera nie są już tylko z roku na rok coraz bardziej popularne, ale wręcz niezbędne do uzyskania jakiegokolwiek postępu w niemalże każdej dziedzinie.

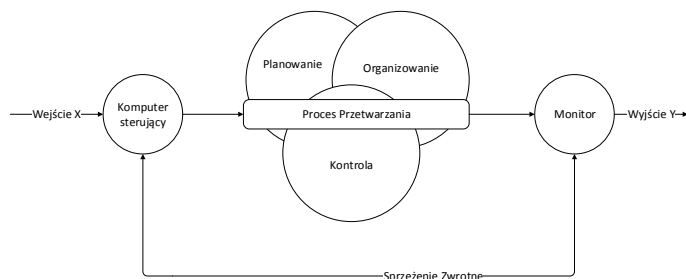
Wspomaganie komputerowe bardzo mocno przyczyniło się do rozwoju różnych gałęzi inżynierii. Przede wszystkim do szeroko pojętej dziedziny zajmującej się rozwojem technologii oraz poszukiwaniem rozwiązań dla praktycznych problemów z wykorzystaniem nauki oraz techniki.

Jedną z dziedzin inżynierii, w której systemy komputerowe odgrywają bardzo istotną rolę jest inżynieria produkcji. Chodzi tutaj o systemy komputerowego wspomaganie typu CAx, których zastosowanie jest coraz bardziej popularne, a umiejętność obsługi niezbędna dla każdego inżyniera trudniącego się swoim fachem. Tak jak w innych dziedzinach, tak też w zarządzaniu produkcją wiele czynności wykonywanych przez człowieka „ręcznie” zastąpiono nowoczesnymi systemami komputerowymi. Odręczny rysunek techniczny zastąpił CAD a sterty kart technologicznych komputer z TDM (Technical Data Managment). Istnieją również programy z owej dziedziny służące wspomaganie planowania procesów produkcyjnych CAPP, które są powszechnie stosowane.

1.1. Komputerowe wspomaganie zarządzania

Wsparcie komputerów w procesach zarządzania można zauważyć na każdym kroku. Najbardziej kompleksowo zadanie komputera można określić jako magazynowanie, przetwarzanie oraz przesyłanie wszelakich informacji dotyczących konkretnych obszarów zarządzania produkcją. Ową ideę ilustruje Rysunek 1.

Dla kilku na pozór prostych zadań powstało bardzo wiele systemów fachowo określanych jako programy z dziedziny komputerowego wspomaganie (po angielsku Computer Aided). Oznaczone są skrótem wywodzącym się ze swojej angielskiej nazwy: CAx, gdzie x oznacza konkretne zadanie, które jest wspomaganie przez program. Wspomaganie komputerowe stanowi podstawy współczesnej inżynierii.



Rys. 1. Ogólny model współczesnego zarządzania w warunkach wspomagania operatywnego [2].

Sens przedstawionego na rysunku 1. modelu idealnie oddaje odpowiedź na pytanie postawione w przedmowie lektury Edwarda Chlebusa, Techniki komputerowe CAX w inżynierii produkcji:

„Co charakteryzują nowoczesną inżynierię produkcji? Otóż główną jej cechą są zintegrowane modele produktu, modele procesów jego wytwarzania oraz modele środków produkcji. Modele te są oczywiście zapisane za pomocą różnych technik Cax w postaci elektronicznej” [1].

Od początku rozwoju komputerów oczywistym było, iż jest to najpotężniejsze narzędzie do masowego przetwarzania informacji. Na tle czasu widać jak szybko i gwałtownie wzrasta moc obliczeniowa tych maszyn matematycznych. Z tego powodu od zawsze traktowano je jako potencjalne urządzenia wspomagające wszelkie dziedziny. Zakres prac komputera sprowadza się ostatecznie do zadań algorytmicznych [6]. Uważano, że urządzenie nie jest w stanie stworzyć czegoś nowego, wymyślić czegoś. Nad owym zagadnieniem cały czas prowadzone są prace naukowe, które przyniosły owocne rezultaty w ostatnich latach. Dziedzina ta nazywana jest sztuczną inteligencją.

Warto zauważyć, iż już w wydanej w 1993 roku książce „Inżynieria Zarządzania”, Ireneusz Durlik opisując techniki informatyczne przewiduje: „W najbliższej przyszłości wprowadzone zostaną do praktyki 3 techniki:

- Wizualizacja o wysokiej rozdzielczości, inaczej komunikacja wizyjna z komputerem i rozpoznawanie z analizowaniem obrazu przez komputer,
- przetwarzanie głosu ludzkiego, inaczej komunikacja głosowa,
- systemy ekspertowe i sztuczna inteligencja ES/AI. [2]”.

Zgodnie z tym, co zostało przewidziane przez profesora zarządzania ponad 20 lat temu, jednym z zastosowań komputera w dziedzinie inżynierii produkcji jest wykorzystanie sztucznej inteligencji w celu optymalizacji procesu produkcyjnego

2. PROCES PRODUKCYJNY

W dzisiejszych czasach aspekty ekonomiczne wymagają od produkcji wielu cech. Jakość, czas oraz koszt są to główne atrybuty, do których przywiązuje się największą wagę. Pierwszy atrybut zależy od projektantów samego produktu. Decyduje o nim proces technologiczny a składa się on z doboru materiałów i sposobów obróbki. Ważnym ele-

mentem procesu jest zaplanowana kontrola jakości. Dwie pozostałe cechy czyli koszt i czas w głównej mierze zależą od projektantów, ponieważ to oni ustalają z jakich materiałów ma zostać stworzony nowy produkt oraz ogólny przebieg czynności, którym będą poddawane półprodukty.

Podczas projektowania procesu podejmowane są decyzje, które stanowią o wielkości nakładów pieniężnych całej produkcji. W momencie planowania mamy możliwość przeprowadzenia analiz, wyliczenia ich rentowności oraz wyszukania optymalnych rozwiązań. Wyłapanie błędów na tym etapie pozwoli uniknąć wielu wydatków. Właśnie w tym miejscu nie potrzebne straty można wyeliminować – zanim rozpocznie się produkcja. Zmiany procesu po przygotowaniu linii produkcyjnej, zamówieniu materiału itd. najczęściej generują olbrzymie koszty.

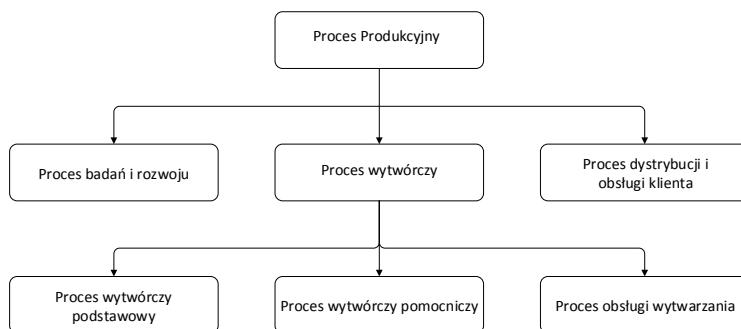
2.1. Anatomia procesu produkcyjnego

Procesu produkcyjnego można doszukiwać się wszędzie tam, gdzie ma miejsce najszerzej pojęta produkcja. Mowa tu o przemyśle, budownictwie, rolnictwie oraz wszelkich działalnościach usługowych związanych z wymienionymi np.: wytwarzanie i przesyłanie energii, wytwarzanie software, czy remonty maszyn i urządzeń.

W literaturze można spotkać następującą definicję: „Proces transformacji, czyli przekształcenia wektora wejścia systemu produkcyjnego w wektor wyjścia nazywany jest procesem produkcyjnym [2]”. Jest to bardzo fachowa definicja, dlatego też Durlik wskazuje słuszną alternatywną definicję, która brzmi: „proces produkcyjny jest uporządkowanym ciągiem działań, w wyniku którego konsument (użytkownik) otrzymuje produkty (wyroby lub usługi) [2]”. Niezbędnym elementem potrzebnym do realizacji procesu produkcyjnego jest **ruch w procesie produkcji**, który określa się jako przepływ pracowników, informacji, materiałów oraz czynników energetycznych [2].

Analizując definicję, istotą jest otrzymanie gotowego produktu przez konsumenta. Na początku nie wiemy jednak jaki to ma być produkt. Tak więc na starcie należy przeprowadzić dokładne badania rynku, aby można było określić propozycje podstawowych cech produktu. Jeśli wyniki badań zostaną zaakceptowane, propozycja zacznie nabierać realnych kształtów, gdyż znajdzie się w fazie badań i projektowania. Po tym kroku wszelkie cechy produktu są ściśle określone i można wykonać prototyp. Jeśli do tego momentu wszystko przebiegło pozytywnie można rozpocząć produkcję. Wytworzenie prototypu, partii informacyjnej oraz sama produkcja wymaga utrzymania ruchu czyli dostarczenia czynników energetycznych, remontów urządzeń oraz utylizacji powstałych odpadów.

Strukturę procesu produkcyjnego Durlik opisuje za pomocą grafu, rysunek 2., który przedstawia elementy składowe tworzące całość i powiązania między nimi.



Rys. 2. Struktura procesu produkcyjnego i wytwórczego [2].

2.2. Dekompozycja

Po przeanalizowaniu struktury procesu produkcyjnego widać, jak szeroki zakres prac składa się na cały proces. Proces produkcyjny w przemyśle stanowi niezwykle złożony i skomplikowany system składający się z różnych procesów składowych [2]. Każde z wymienionych wcześniej zadań dzieli się na pomniejsze podzadania w zależności od poziomu złożoności danego tematu.

Podział taki mimo, iż zwiększa ilość składowych procesu, znacznie ułatwia jego wykonanie, ponieważ pozwala na lepsze sprecyzowanie poszczególnych działań oraz zawęży zbiór możliwych rozwiązań. Modelowanie procesów, jak również ich składowych, stwarza warunki do opracowania najlepszych w danych warunkach procesów oraz relacji między tymi procesami [5]. Fachowa nazwa takiego podziału to **dekompozycja**.

Struktura dekompozycji umożliwia podział zadania na autonomiczne zadania o mniejszym zakresie, które mogą być wykonywane przez różnych projektantów [6]. Proces dekompozycji ma miejsce podczas projektowania, dokładnie podczas poszukiwania rozwiązań kolejnych elementarnych zadań (mikrostruktura). Projektant stara się podzielić analizowane zadanie na zbiór pomniejszych zadań składowych inaczej nazywanych zadaniami cząstkowymi. Takie postępowanie ma na celu sprowadzenie zadania cząstkowego do postaci, w której znany jest możliwy zbiór jego rozwiązań bądź zawężenie wymiarowości zbioru rozwiązań [6]. W ten sposób doprowadzając każde zadanie cząstkowe do postaci, w której ma ono znane rozwiązanie, uzyskuje się dokładne rozwiązanie głównego zadania rozbite na wiele instrukcji. Upraszczając idea ta ma ułatwić rozwiązanie danego zadania.

Proces ten należy powtarzać, aż do momentu uzyskania rozwiązań wszystkich składowych. Dekompozycje powtarza się na jeszcze niższym poziomie ogólności, tak długo aż jest to sensowne i możliwe, biorąc pod uwagę sposobność sformułowania i rozwiązywania kolejnych autonomicznych zadań [6].

Dalej następuje proces łączenia zdekomponowanych zadań (każde zadanie cząstkowe ma już rozwiązanie). Po złożeniu w całość składowych podprocesów w optymalnym położeniu, proces może wyglądać znacznie inaczej niż przed dekompozycją, lecz ułożenie go w taki sposób nie jest łatwym zadaniem. Dzieje się tak z powodu sprzężeń informacyjnych. Zwiększenie całkowitej ilości elementów procesu przez dekompozycje

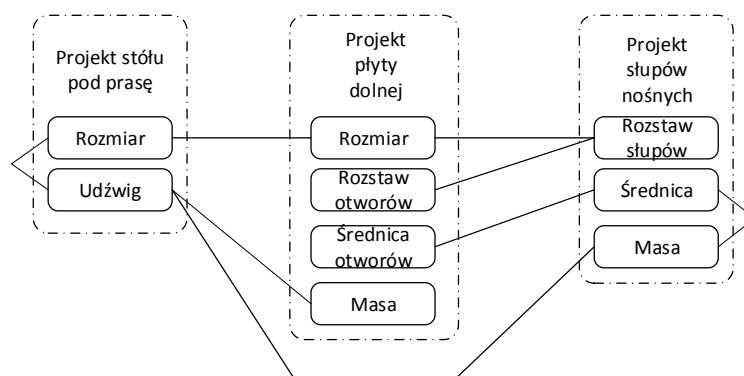
znacznie zwiększa ilość kombinacji ułożenia procesu w całość. Nie każde ułożenie jest jednak korzystne.

2.3. Sprzężenia informacyjne

Wszystkie elementy składowe procesu produkcyjnego współgrają ze sobą tworząc jedną całość. Są zależne od siebie i mają na siebie wzajemny wpływ. Taka zależność nazywa się sprzężeniem informacyjnym.

Każdy element procesu posiada informacje na temat jego aktualnych cech. Informacje te można podzielić na informacje wejściowe i wyjściowe. Często występuje sytuacja, w której informacje wejściowe danego zadania korzystają z informacji wyjściowych innego. W praktyce odzwierciedla się to np. w momencie, kiedy podzespół składający się z kilku części posiada dwie, które muszą do siebie pasować. Wtedy informacje wyjściowe pierwszej części a konkretnie jej rozmiary są informacją wejściową drugiej. Rozmiar drugiej części jest ściśle zależny od rozmiaru pierwszej. Jest to przykład tylko jednego sprzężenia.

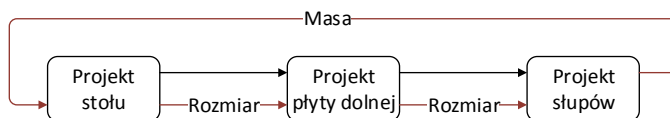
W całym procesie ilość takich sprzężeń jest ogromna i ma postać relacji **wiele do wielu**. Oznacza to, iż każda cecha jednego elementu procesu może mieć kilka połączeń informacyjnych nawiązujących do cech innych elementów procesu. Wobec tego w miarę zwiększania ilości składowych elementów całego procesu zwiększa się łączna ilość sprzężeń informacyjnych.



Rys. 3. Przykład możliwych relacji występujących pomiędzy zadaniami
źródło: opracowanie własne

Powiązania te mogą mieć negatywny lub pozytywny wpływ na całokształt procesu. W sytuacji, kiedy informacje wejściowe danego zadania wynikają z informacji wyjściowych zadania, które zostało zrealizowane wcześniej podczas procesu, mamy do czynienia ze sprzężeniem progresywnym. Jest to sytuacja pozytywna, ponieważ świadczy o prawidłowym przebiegu procesu, bez opóźnień. W odwrotnym przypadku, kiedy wykonane zadanie generuje informacje mogące zmienić zadanie poprzedzające mamy do czynienia ze sprzężeniem zwrotnym. Sytuacja ta jest niekorzystna, albowiem zmiana informacji zawartej we wcześniejszej części procesu może wywołać reakcję

łańcuchową. Dzieje się tak, ponieważ zmieniają się informacje przesyłane do kolejnych wykonanych zadań, co w efekcie może wywołać konieczność ponownej realizacji niektórych z nich.



Rys. 4. Przykład zmian wywołanych sprzężeniem zwrotnym
źródło: opracowanie własne

2.4. Metoda Macierzy Zależności

Idea DSM (z ang. Dependency Structure Matrix) polega na zapisie procesu w postaci macierzy zależności. Czynności zaprezentowane są poprzez ponumerowane pola umieszczone na przekątnej macierzy. Wynika z tego, iż taka macierz zawsze będzie macierzą kwadratową. Prezentowany proces zaczyna się u góry z lewej strony, czyli pierwsza czynność procesu znajduje się w pierwszym polu macierzy. Kolejne pola umieszczone są po skosie, aż do ostatniego pola macierzy, które reprezentuje ostatni element procesu. Ilość składowych elementów procesu mówi nam więc o tym, ile pól będzie miał bok macierzy, czyli jak duża będzie macierz opisująca cały proces.

Nazwy oraz informacje dotyczące czasów i kosztów poszczególnych zadań cząstkowych umieszczone są w osobnej tabeli. Każdy ponumerowany wiersz odpowiada kolejnemu zadaniu procesu. W celu przejrzystej prezentacji można umieścić tabele obok macierzy, jako jej przedłużenie. Wtedy każdy wiersz z informacjami dotyczącymi zadania będzie obok wiersza macierzy, w którym zadanie się znajduje. W efekcie daje to możliwość pominięcia numeracji. Wersja, w której te dwa elementy są rozdzielone wydaje się jednak być bardziej przystępna jeśli chodzi o samą analizę, ponieważ największy atut tej metody znajduje się na samej macierzy – połączenia informacyjne.

Wyraźne zaprezentowanie sprzężeń informacyjnych jest bez wątpienia głównym powodem, który ustanawia praktyczną użyteczność metody na tak wysokim poziomie. Znacząca większość miejsca na macierzy (wszystkie pola bez głównej przekątnej) jest poświęcona na prezentację sprzężeń informacyjnych. Wynika z tego, iż zamysł macierzy jest skierowany na szczegółową prezentację zależności pomiędzy poszczególnymi elementami procesu, strącając inne informacje na drugi plan. Stąd nazwa „Macierz Zależności”.

Relacje pomiędzy składowymi procesu są zaprezentowane za pomocą połączeń poszczególnych pól z głównej przekątnej na macierzy. Połączenie jest wyrażone za pomocą dwóch linii tworzących kąt prosty. Linia pozioma świadczy o roli danego zadania w połączeniu jaką jest przekazanie informacji do innego zadania – informacja wyjściowa. Linia pionowa mówi natomiast o tym, że zadanie przyjmuje informacje od innego zadania czyli jest to dla niego informacja wejściowa. Przedstawienie relacji w ten sposób gwarantuje czytelność, bez względu na to, jak dużo relacji znajduje się na wykresie,

ponieważ każda możliwa relacja przedstawia inne pole na macierzy (kąć prosty pomiędzy liniami).

Sprzężenia progresywne w przypadku macierzy zależności są to wszystkie relacje znajdują się ponad główną przekątną symbolizującą kolejność przebiegu procesu. Wszystkie sprzężenia zwrotne znajdują się zaś poniżej głównej przekątnej. W efekcie po wygenerowaniu macierzy od razu widzimy pozytywne połączenia pomiędzy zadaniami oraz te, które mają negatywny wpływ na realizację procesu.

Podsumowując korzystne cechy macierzy zależności można stwierdzić, iż sposób ten jest odpowiednim narzędziem do optymalizacji. Rozłożenie czynności oraz relacji pomiędzy nimi pozwala na szybkie rozpoznanie sytuacji niekorzystnych oraz ich poprawę przez modyfikacje kolejności przebiegu projektu. Zmiany kolejności skutkują zmianami w rozłożeniu sprzężeń informacyjnych, co w efekcie daje nową propozycję planu. Manewr ten jest łatwy do wykonania, dzięki czemu można powtarzać go, aż do uzyskania pożądanego, optymalnego zapisu graficznego układu zadań oraz relacji.

Takie rozłożenie graficzne informacji pozwala na wyodrębnienie zadań, które są bardziej połączone ze sobą niż z innymi. Analizując macierz można zaobserwować, w których miejscach sprzężenia informacyjne są skumulowane. Wyszczególniając takie grupy, w których zadania cząstkowe mają wiele powiązań między sobą, otrzymujemy bloki, w których zadania są wzajemnie silnie sprzężone. W rezultacie daje to możliwość wyszczególnienia zadań, które powinny być realizowane metodą współbieżności. Metoda ta jest zatem najlepszą z wymienionych sposobów zapisu procesu produkcyjnego, jeśli chodzi o możliwości analizy pod względem optymalizacji.

Uzyskanie optymalnego rozłożenia nie jest wszakże takie proste. Każda zmiana położenia zadania cząstkowego względem innych, może spowodować znaczącą zmianę układu relacji, którą ciężko przewidzieć. Wprowadzanie więc zmian w kolejności, nie zawsze może przynieść lepszy efekt. Modyfikacje na podstawie intuicji człowieka nie są w stanie zagwarantować optymalnego efektu, ponieważ przy wielu relacjach ciężko jest przewidzieć ich rozłożenie po modyfikacji. Trudnym elementem zadania jest liczba możliwych rozwiązań do sprawdzenia. Proces produkcyjny stanowiska prób sprężyn śrubowych składa się z 36 podprocesów. Liczbę możliwych konfiguracji ustalenia ich kolejności określa [7]: $36! = 371993326789901217467999448150835200000000$.

Liczba ta przedstawia ogrom możliwych kombinacji. Nie ma nawet potrzeby przemnażania jej przez szacowany czas operacji, aby stwierdzić, iż zadanie jest niemożliwe do wykonania dla człowieka. Powstała więc potrzeba zautomatyzowania przebiegu tego działania. Rozwiązaniem jest praca doktorska Romana Kielca w której dokładnie został opisany algorytm ewolucyjny zaimplementowany w autorskim programie MAG-Project [4].

3. PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE METODY

Przebieg optymalizacji oraz działanie programu zostanie zaprezentowane dla procesu produkcyjnego innowacyjnego i skomplikowanego urządzenia. Stanowisko Pomiarowe Prób Sprężyn Śrubowych jest odpowiednio złożoną do przeprowadzenia analizy maszyną. Pełną dokumentację wymaganą do realizacji procesu optymalizacji udostępniła firma P.P.H.U Michał z siedzibą w Zielonej Górze.

3.1. Stanowisko Pomiarowe Prób Sprężyn Śrubowych

Stanowisko pomiarowe zostało zaprojektowane na potrzeby warsztatu obsługującego wagony kolejowe w Czerwieńsku. Wykorzystywane jest jako jedno z narzędzi służących do rewizji wózków wagonowych typu 25TN. Wózki wagonowe wchodzi w skład wagonu, na którym zamocowany jest kontener. Osadza się go na czopach mocujących. W ten sposób kontener łączy 2 wózki w jeden wagon. Wspomnianą rewizję można określić jako przegląd techniczny. W odróżnieniu jednak od przeglądów, którym podlegają samochody, przegląd wózka wagonowego polega na całkowitym rozebraniu wózka i dokładnym sprawdzeniu wszystkich ważniejszych elementów. Sprawdza się między innymi tłumiki drgań, haki ciągnikowe, czopy skreću, zderzaki oraz sprężyny zawieszenia. Obowiązkowa rewizja odbywa się raz na cztery lata i podlega jej każdy wózek.

Usprężynowanie wózka składa się z ośmiu jednakowych kompletów sprężyn śrubowych. Każdy komplet jest złożony z dwóch sprężyn śrubowych różnej wysokości, włożonych jedna w drugą. Sprężyna wewnętrzna jest wyższa, aby dla wagonu próżnego pracowały tylko sprężyny wewnętrzne, a dopiero po naładowaniu wagonu obydwie rodzaje sprężyn razem. Zrealizowano w ten sposób progresję sztywności usprężynowania. Punkt zmiany charakterystyki odpowiada obciążeniu 13600 kg. Poniżej tej wartości sztywność wynosi 3mm/T, a powyżej 1mm/T [3].

Zawieszenie jest bardzo istotnym podzespołem, ponieważ na nim rozłożone są wszystkie siły, które wynikają z masy całego wagonu. Głównym elementem, który pracuje w tym układzie są komplety sprężyn. Podczas użytkowania zużywają się one. Objawia się to poprzez zmianę ich wysokości oraz sprężystości. Z uwagi na istotność kwestii zapewnienia dobrej amortyzacji całego układu, sprężyny sprawdzane są podczas obowiązkowej rewizji.

3.2. Proces produkcyjny prasy hydraulicznej

Opracowanie specjalistycznej prasy nie było łatwym zadaniem, ze względu na nowatorstwo urządzenia. Oprócz podstawowych parametrów działania, prasa musiała być uniwersalna, ponieważ badanie dotyczy dwóch rodzajów sprężyn. Konieczne więc jest zautomatyzowanie prasy. Kolejnym istotnym parametrem jest jej mobilność – użytkowanie prasy jest przewidziane w różnych miejscach warsztatu. Te dodatkowe wymagania spowodowały, iż projekt prasy nie polegał tylko na wykonaniu obliczeń wytrzymałościowych i dobraniu odpowiednich części. Realizacja prasy przebiegała w następujący sposób:

- I. Założenia
 1. Wymagania podstawowe, które powinno spełniać stanowisko do badania sprężyn śrubowych stosowanych w wagonach towarowych serii 25TN.
 - a. Pomiar siły nacisku – elektroniczne,
 - b. Pomiar strzałki napięcia pod działaniem każdej z sił – elektroniczny.
 2. Wymagania dodatkowe stanowiska.
 - a. Stanowisko powinno cechować
 - Mobilność /łatwość zmiany położenia/ - bez fundamentów,
 - Minimalna waga.
 - b. Wartość stanowiska nie może przekroczyć XX tys PLN
- II. Opracowanie Projektu
 1. Projekt mechaniczny
 - a. Prasa zbudowana na dwóch słupach z prętów okrągłych spinających dwie płyty – górną i dolną,
 - b. Płyta środkowa osadzona suwnie na słupach połączona z siłownikiem hydraulicznym,
 - c. Całość ustawiona na stole, pod którym usytuowany jest zasilacz hydrauliczny zabudowany stalowymi pływami ażurowymi.
 2. Projekt hydrauliczny
 - a. Dobór siłownika
 - Wielkość,
 - Rodzaj.
 - b. Dobór elementów układu hydraulicznego
 - c. Dobór zbiornika kształtu i wymiarów
 3. Projekt Elektryczny
 - a. projekt zasilania,
 - b. projekt układu elektrycznego.
 4. Automatyka
 - a. opracowanie programu wykonywania pomiarów,
 - b. dobór komputera.
- III. Wykonanie
 1. Część mechaniczna
 - a. Obliczenia wytrzymałościowe prasy
 - słupów nośnych,
 - płyty dolnej i górnej,
 - płyty środkowej,
 - pierścieni ślizgowych słupów,
 - nakrętek.
 - b. Projekt pozostałych elementów
 - stołu pod prasę,
 - osłon ażurowych.
 2. Część hydrauliczna
 - a. projekt schematu hydraulicznego
 - b. projekt i dobór siłownika hydraulicznego

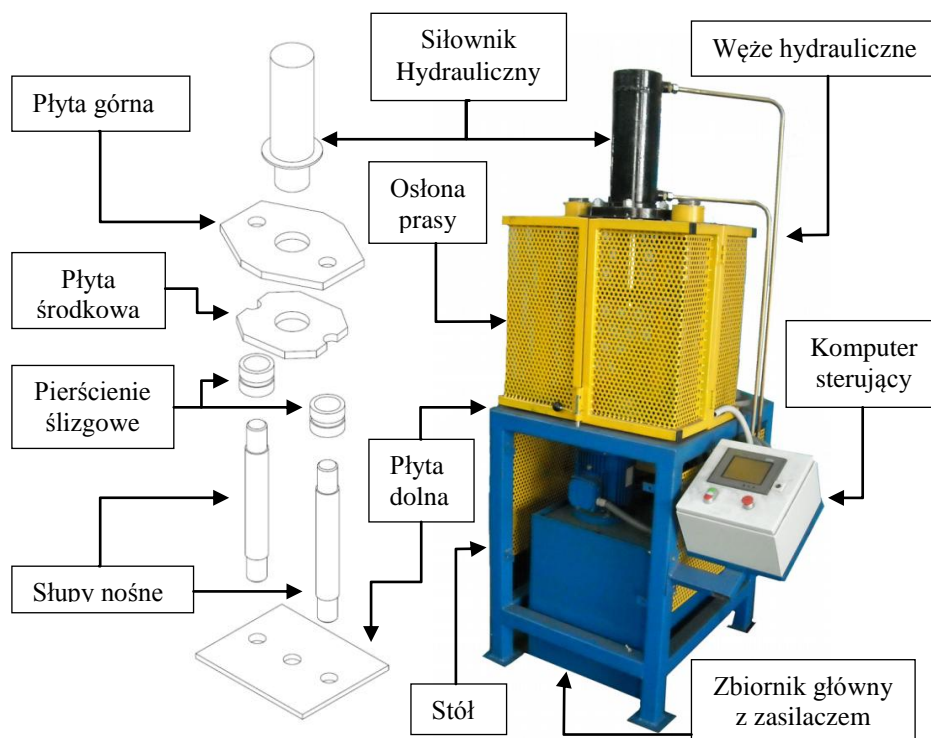
- c. projekt i dobór zbiornika głównego oraz elementu napędowego (silnik + pompa)
 - d. projekt oraz dobór pozostałych części układu
 - rozdzielacz suwakowy sterowany elektrycznie,
 - filtr tłoczny,
 - filtr wlewowy,
 - węże hydrauliczne,
 - proporcjonalny zawór dławiąco-zwrotny bliźniaczy,
 - przetworniki ciśnienia.
 - 3. Część elektryczna
 - Projekt zasilania głównego
 - 4. Automatyka i sterowanie
 - projekt połączeń automatyki i sterowania,
 - projekt programu wykonywania pomiarów,
 - dobór komputera.
- IV. Montaż
- 1. Mechaniczny
 - 2. Hydrauliczny
 - 3. Elektryczny
 - 4. Automatyka
- V. Próba

Głównym założeniem była mobilność prasy. Projekt musiał więc przewidywać możliwość łatwego jej przenoszenia, co wykluczyło możliwość zamontowania prasy w stałych fundamentach. Wystąpiła konieczność zaprojektowania prasy w formie samonośnej. Koncepcja ta polega na tym, iż nacisk jest kierowany na płytę dolną prasy. W ten sposób cały układ sił, które inicjuje siłownik hydrauliczny zamyka się w górnej części prasy zamocowanej na stole.

Moduł odpowiedzialny za przeniesienie siły na sprężynę składa się z trzech płyt połączonych ze sobą za pomocą słupów nośnych. Elementy te muszą współgrać ze sobą rozmiarowo uwzględniając jednocześnie wielkość badanych sprężyn. Ze względu na ogromne siły, którym te elementy będą poddawane, należy uwzględnić w ich projekcie czynniki wytrzymałościowe, co wpływa na gabaryty.

Płyta górna i dolna są zamontowane na stałe na końcach słupów nośnych. Do górnej płyty zamocowany jest cylinder siłownika hydraulicznego. Środkowa płyta jest ruchoma – zamocowana między górną i dolną, na słupach nośnych za pomocą pierścieni ślizgowych. Do środkowej płyty przytwierdzony jest tłok siłownika hydraulicznego. Koncepcja opisanych elementów została przedstawiona na Rysunku 5.

W układzie tym pomiędzy dolną a środkową płytą umieszcza się sprężynę lub komplet sprężyn. Specjalnie przystosowane podkładki pod sprężyny zapobiegają ich przesuwaniu się podczas działania prasy. W momencie, gdy siłownik zostaje uruchomiony, ruch tłoka odpycha płytę środkową od górnej, przesuwając ją w stronę płyty dolnej. W ten sposób na sprężynę/sprężyny, umieszczone pomiędzy środkową i dolną płytą, działa siła zadana przez siłownik hydrauliczny.



Rys. 5. Schemat prasy oraz zabudowa i pozostałe elementy
 źródło: udostępnione przez PPHU Michał

Zasilanie hydrauliczne składa się ze zbiornika głównego, elementu napędowego oraz przetwornika ciśnienia. Część ta musi się zmieścić pod stołem, na którym usytuowana jest prasa. Wymaga to kompatybilnego dobrania wielkości tych elementów – jednocześnie uwzględniając parametry siłownika hydraulicznego. Elementy hydrauliczne są połączone węzami hydraulicznymi.

Sterowanie prasą odbywa się za pomocą komputera, który ustala zadaną siłę poprzez połączenie z przetwornikiem ciśnienia, oraz odczytuje informacje dotyczące wysokości sprężyny. Komputer musi być przymocowany do stołu z boku prasy. Usytuowanie komputera powinno uwzględniać możliwość komfortowego korzystania z niego – odpowiednia wysokość.

Całość obudowana jest płytami ażurowymi. Zabezpieczenie prasy jest połączone z komputerem. Aby prasa mogła działać osłona musi pozostać zamknięta. Obudowa urządzenia musi być odpowiednio dobrana. Zastosowanie zbyt grubej blachy niepotrzebnie zwiększyłoby wagę całego urządzenia, natomiast za słabe osłony w górnej części nie zapewniałyby odpowiedniego bezpieczeństwa w przypadku pęknięcia badanej sprężyny.

3.3. Przebieg optymalizacji

Po dokładnej analizie urządzenia, którego proces ma być optymalizowany, można zacząć poszukiwania najkorzystniejszego uszeregowania zadań. Optymalizacja procesu produkcyjnego za pomocą algorytmu ewolucyjnego, przebiega w trzech fazach [4]:

- **Faza I** – dotyczy zebrania wszystkich niezbędnych informacji na temat procesu produkcyjnego. Dekompozycja oraz ustalenie relacji pomiędzy częściowymi zdaniem. Proces po dekompozycji wraz z informacjami dotyczącymi sprzężeń, kosztów oraz czasów przedstawia się za pomocą tabeli.
- **Faza II** – na podstawie tabeli tworzy się model macierzy zależności, która przedstawia proces do optymalizacji. Można dodatkowo przeprowadzić wizualizację za pomocą innych metod zapisu procesu.
- **Faza III** – przedstawienie procesu po optymalizacji algorytmem ewolucyjnym oraz jego analiza.

Dekompozycja powstała na podstawie planu realizacji zlecenia. Wszelkie zawarte tam informacje zostały wykorzystane do ustalenia relacji pomiędzy poszczególnymi elementami procesu. W efekcie powstała Tabela 2 realizacji. Na jej podstawie wygenerowano macierz zależności przedstawioną na Rysunku 6. W kolejnym etapie macierz poddano optymalizacji programem ewolucyjnym, czego efekt przedstawiono na Rysunku 7.

Program dostarczył następujących informacji na temat realizacji procesu przed optymalizacją oraz po optymalizacji:

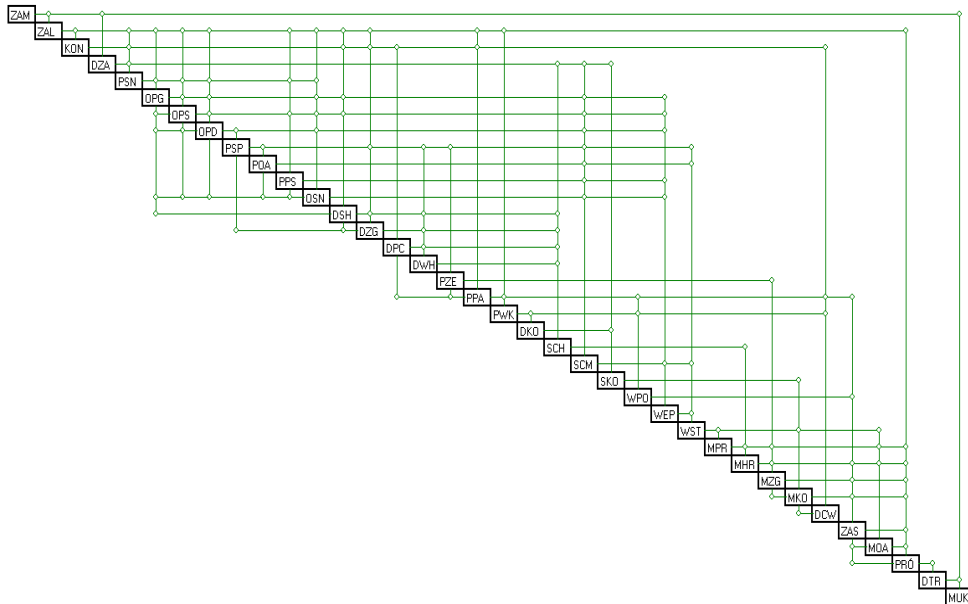
Tabela 1. Wynik optymalizacji obliczone przez program MAG-Project

	Przed Optymalizacją	Po Optymalizacji	Zaoszczędzono
Koszt całkowity	44200	36650	19%
Czas całkowity	540	389	28%
Czas wtórnej realizacji	224	73	68%
Koszt wtórnej realizacji	11200	3650	68%
Sprzężenia zwrotne	17	10	41%
Przecięcia sprzężeń zwrotnych	4	0	100%

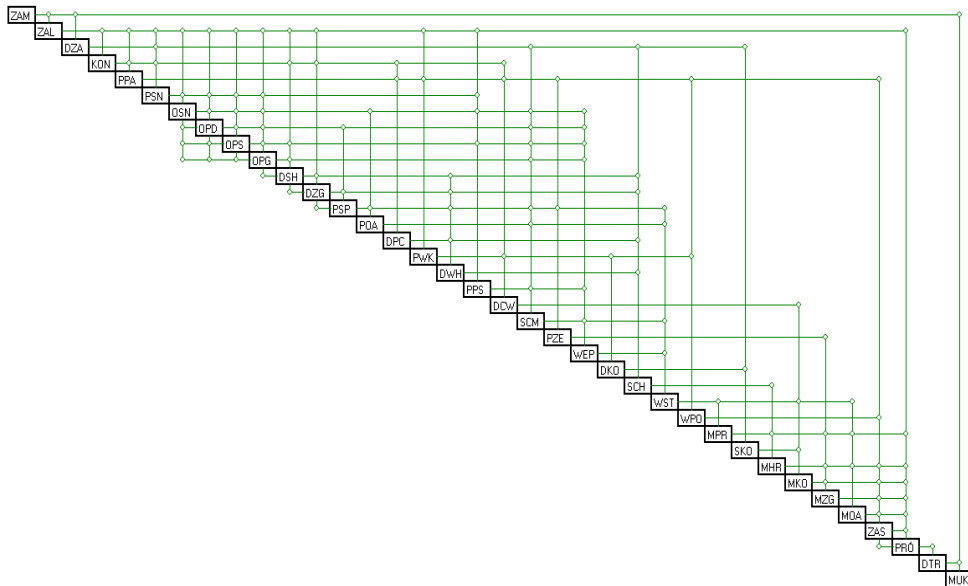
Z Tabeli 1. można odczytać, iż osiągnięto oszczędności realizacji procesu po optymalizacji. Nie są to jednak wszystkie informacje, które otrzymujemy. Macierz zależności optymalnego procesu daje nam możliwość dokładnej analizy istniejących pomiędzy zadaniami sprzężeń informacyjnych. Na tej podstawie można dokładnie wyszczególnić kolejność, równoległość oraz wymaganą współbieżność wykonywania zadań. Na bazie macierzy zaprezentowanej na Rysunku 7. można zaplanować przebieg zadań zawartych na Rysunku 8. Graf ten różni się od tradycyjnej metody sieciowej tym, iż przedstawia tylko niezbędne relacje pomiędzy zadaniami.

Tabela 2. Tabela realizacji procesu produkcyjnego stanowiska prób sprężyn śrubowych

Lp.	Nazwa zadania	Skrót	Sprzężenie inf.	Czas	Koszt
1	Zamówienie	ZAM		4	
2	Rozpoznanie procesu badania sprężyn – założenia	ZAL	1	6	300
3	Idea automatyzacji badania - koncepcja prasy	KON	2	16	800
4	Dodatkowe założenia dotyczące kosztów i rozmiarów	DZA	1	4	200
5	Koncepcja elementów mechanicznych prasy - prasa samonośna	PSN	2,3,4	4	200
6	Obliczenia wytrzymałościowe płyty górnej	OPG	5,2,7,8,12,13	2	100
7	Obliczenia wytrzymałościowe płyty środkowej	OPS	5,2,6,8,12	2	100
8	Obliczenia wytrzymałościowe płyty dolnej - podstawy stołu	OPD	5,2,6,7,12	2	100
9	Projekt stołu pod prasę	PSP	8,14	3	150
10	Projekt osłon ażurowych	POA	9,12	2	100
11	Projekt + dobór materiałów pierścieni ślizgowych	PPS	2,5,7,12	2	100
12	Obliczenia wytrzymałościowe słupów nośnych oraz nakrętek	OSN	2,5,6,7,8	6	300
13	Dobór siłownika hydraulicznego (wielkość i rodzaj) oraz sposób zamocowania	DSH	2,3,6,7,14	3	150
14	Dobór zbiornika głównego i elementu napędowego	DZG	2,3,9,13	2	100
15	Dobór przetwornika ciśnienia	DPC	18,3	2	100
16	Dobór węży hydraulicznych	DWH	14,15,13,9	2	100
17	Projekt zasilania głównego (elektrycznego)	PZE	18,9	3	150
18	Projekt połączeń automatyki i sterowania	PPA	2,3	24	1200
19	Projekt programu wykonywania pomiarów	PWK	2,18	4	200
20	Dobór komputera	DKO	19	3	150
21	Sprowadzenie części hydraulicznych	SCH	4,13,14,15,16	24	12500
22	Sprowadzenie części mechanicznych	SCM	4,6,7,8,9,10,11,12	24	4500
23	Sprowadzenie komputera	SKO	4,20,3	24	4000
24	Wykonanie programu obsługującego prasę	WPO	19,18	40	2000
25	Wykonanie elementów prasy	WEP	22,6,7,8,11,12	40	2000
26	Wykonanie części stołu oraz osłon, montaż	WST	22,9,10,25	16	800
27	Montaż prasy	MPR	25,26	8	400
28	Montaż hydrauliki	MHR	21,27	8	400
29	Montaż elementów zasilania głównego	MZG	17,27,28,31,30	2	100
30	Montaż komputera	MKO	26,23	4	200
31	Dobór czujnika wysokości	DCW	3,18,19	2	100
32	Podłączenie i zaprogramowanie automatyki i sterowania	ZAS	30,29,28,24,18,33,31,34	8	400
33	Montaż osłon ażurowych	MOA	26,27,28	2	100
34	Urządzenie w gotowości – próba	PRÓ	27,28,29,30,32,33,2	6	300
35	Demontaż, transport	DTR	34	4	200
36	Montaż oraz wdrożenie u klienta w docelowym miejscu działania urządzenia	MUK	35,1	8	400



Rys. 6. Proces realizacji prasy przed optymalizacją, źródło: opracowanie własne



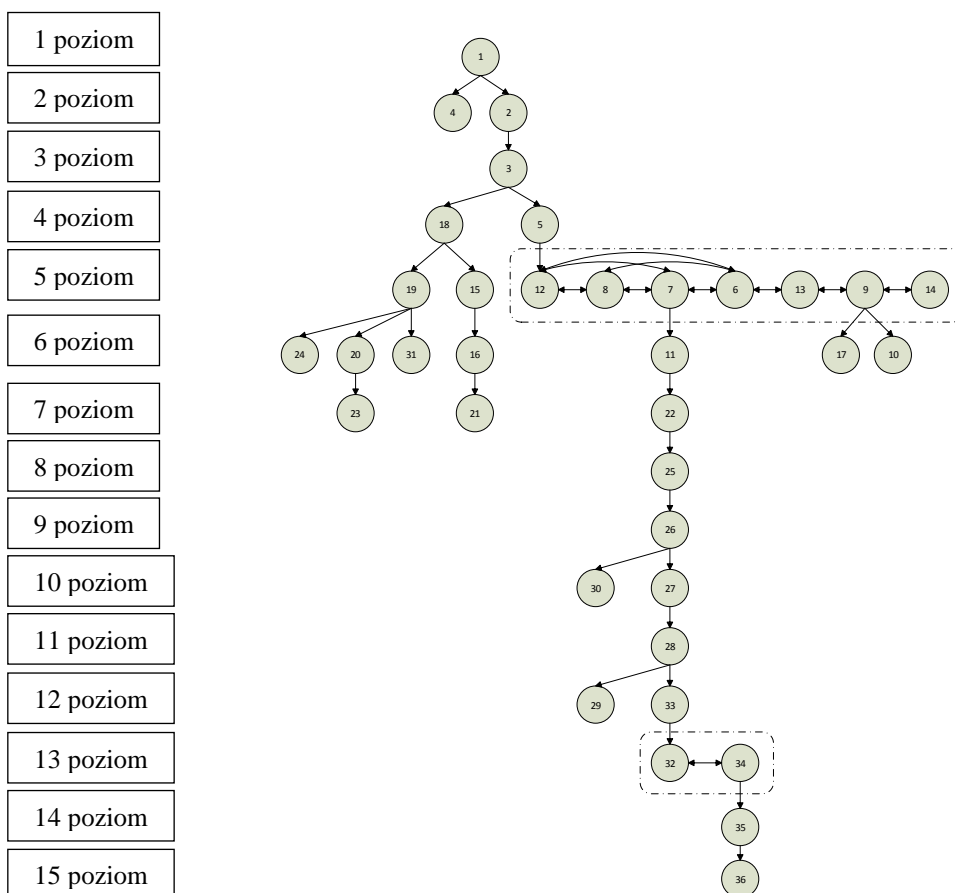
Rys. 7. Proces realizacji prasy po optymalizacji, źródło: opracowanie własne

W oparciu o przedstawiony plan sieciowy można określić, że po optymalizacji 36 zadaniowy proces realizacji stanowiska pomiarowego można objąć w 15 krokach. Pierwszym zadaniem jest *zamówienie*(1), które inicjuje cały proces. W drugim etapie przystępujemy do *rozpoznania procesu badania*(2) jednocześnie opracowując *dodatkowe założenia dotyczące kosztów i rozmiarów*(4). Następnie powstaje *koncepcja prasy*(3). Z punktu 3 i 4 wynika potrzeba opracowania *koncepcji prasy samonośnej*(5). Równocześnie można przystąpić do realizacji *projektu automatyki i sterowania*(18). Na piątym poziomie realizacji występuje grupa iteracyjna. Należy ją realizować współbieżnie, gdyż zadania wchodzące w jej skład mają znaczący wpływ na siebie nawzajem. Do tej grupy należą: *obliczenia słupów nośnych*(12), *obliczenia płyty dolnej*(8), *obliczenia płyty środkowej*(7), *obliczenia płyty górnej*(6), *dobór siłownika hydraulicznego*(13), *dobór zbiornika ciśnienia*(14) oraz *projekt stołu pod prasę*(9). Jednocześnie na tym poziomie można zająć się *doborem przetwornika ciśnienia*(15) oraz *projektem programu wykonywania pomiarów*(19). Zadanie 15 rozpoczyna ciąg zadań sekwencyjnych realizowany przez kolejne 2 poziomy, w których skład wchodzi: *dobór węży hydraulicznych*(16), *sprowadzenie części hydraulicznych*(21). Dalszy poziom obejmuje: *wykonanie programu obsługującego prasę*(24), *dobór czujnika wysokości*(31), *projekt zasilania elektrycznego*(17) oraz *projekt osłon ażurowych*(10). Na tym poziomie są również zadania rozpoczynające ciągi zadań, które muszą zostać wykonane sekwencyjnie. Pierwsze to *dobór komputera*(20), po którym następuje *sprowadzenie komputera*(23). Drugie to *projekt pierścieni ślizgowych*(11), po którym przez trzy kolejne poziomy sekwencyjnie realizuje się: *sprowadzenie części mechanicznych*(22), *wykonanie elementów prasy*(25), *wykonanie stołu*(26). Na 10 poziomie realizacji występuje możliwość równoległego wykonania zadań: *montażu komputera*(30) oraz *montażu prasy*(27). Następnie *montaż hydrauliki*(28). Na 12 poziomie znów równoległe wykonanie *montażu osłon ażurowych*(33) oraz *montażu zasilania głównego*(29). Po zadaniu 33 pojawia się konieczność współbieżnego wykonania *podłączenia i zaprogramowania automatyki i sterowania*(32) oraz *próby*(34). Współbieżność wynika tutaj z konieczności bieżącej regulacji i testowania podzespołów wchodzących w skład urządzenia. Po zakończeniu drugiego bloku iteracyjnego sekwencyjnie wykonuje się: *demontaż, transport*(35), następnie *montaż u klienta*(36). Zadanie 36 jest ostatnim zadaniem realizacji procesu.

Podsumowując podczas realizacji całego procesu oprócz działań sekwencyjnych, które są nieuniknione, można wyszczególnić równoległą realizację zadań na poziomach: 2, 4, 5, 6, 7, 10 i 12. Daje to łącznie 7 poziomów, na których możliwe jest jednoczesne wykonywanie poszczególnych zadań. Prace współbieżne występują na poziomie 5 oraz 13. Daje to 2 poziomy, na których konieczna jest organizacja umożliwiająca równoległe wykonywanie zadań oraz przepływ informacji pomiędzy nimi.

Analizując graf można zaobserwować, iż rozłożenie zadań tworzy grupy, o podobnej tematyce zagadnień. Pierwsza z nich dotyczy założeń oraz koncepcji – ogólnych planów. Obrazują to cztery pierwsze poziomy. Na poziomie czwartym następuje rozdzielenie zadań. Zadanie *projekt automatyki i sterowania*(18) tworzy grupę dotyczącą kwestii automatyzacji prasy oraz doboru poszczególnych elementów potrzebnych do jej wykonania. Zadanie *koncepcja prasy samonośnej*(5) tworzy natomiast grupę, której

tematyką jest projekt elementów mechanicznych prasy. Ostatnia grupa zadań o podobnej tematyce następuje po zakończeniu zadań projektowych (poziom 7). *Zadanie sprowadzenia części mechanicznych(22)* rozpoczyna sekwencje wytworzenia oraz montażu poszczególnych elementów. Trwa aż do poziomu 13, gdzie następuje *próba(34)*. Dwa ostatnie zadania dotyczą już tylko przekazania prasy do użytku.



Rys. 8. Graf realizacji zoptymalizowanego procesu, źródło: opracowanie własne

4. WNIOSKI

Przedstawione w Tabeli 1. wyniki optymalizacji dowiodły skuteczności metody i jej użyteczności w dziedzinie zarządzania produkcją. Do wykonania optymalizacji wymagana jest wnikliwa analiza wielu aspektów, które składają się na osiągnięty wynik.

Znając dokładnie schemat działania algorytmu oraz metody stosowane w zarządzaniu, domniemywać można, iż zbyt mało skomplikowany proces dostarczyłby za mało danych, aby w pełni wykorzystać potencjał metody.

Powodzenie w procesie optymalizacji, w znacznej części zależy od odpowiedniego przygotowania procesu produkcyjnego. Wymaga to odpowiedniego rozpoznania. Wiedza dotycząca organizacji pracy w przedsiębiorstwie jest niezbędna. Bez informacji na temat, w jaki sposób wykonuje się prace w przedsiębiorstwie nie byłoby możliwe odpowiednie sformułowanie zadań wchodzących w skład realizacji procesu.

Druga część rozpoznania dotyczyła samego urządzenia. Zapoznanie się z procedurą badania sprzężyn pozwoliło zinterpretować cel w jakim powstaje prasa oraz jej zasadę działania. Posiadając tą wiedzę możliwa była analiza elementów, z których składa się prasa.

Po przeprowadzeniu takiego rozpoznania można dokonać dekompozycji procesu. Jest to niezbędny zabieg do przeprowadzenia optymalizacji więc samo rozpoznanie jest kluczową częścią. Wynika z tego że człowiek jest niezbędnym elementem działania komputerowego wspomaganie. Sama dekompozycja wymagała racjonalnego określenia sprzężeń informacyjnych.

Podczas optymalizacji przydatna była wiedza na temat działania programu ewolucyjnego. Program domyślnie przeprowadzał optymalizacje przez 100 pokoleń. Należało znacznie zwiększyć tą ilość, aby wygenerować najlepsze rozwiązanie, z uwagi na złożoność badanego procesu.

Program MAG-Project jest łatwy i intuicyjny w obsłudze – niezbędna jest jednak podstawowa wiedza na temat działania algorytmu. Najbardziej użytecznym elementem przy układaniu macierzy zależności była możliwość edycji każdego pola macierzy. Wykorzystanie tej funkcji pozwala na naniesienie relacji między zadaniami w prosty sposób.

Wynik optymalizacji przedstawiony za pomocą macierzy zależności dał możliwość bardzo dokładnej analizy występujących w nim relacji. W przeciwieństwie do innych przedstawionych w pracy propozycjach zapisu był bardzo przejrzysty. Umożliwiło to przedstawienie realizacji procesu za pomocą wykresu sieciowego – uwzględniając tylko istotne relacje. W efekcie otrzymano bardzo zrozumiały plan realizacji procesu uwzględniający sekwencyjne, równoległe oraz współbieżne wykonywanie zadań.

Po odpowiednim przygotowaniu macierzy do optymalizacji sam czas działania algorytmu był kwestią paru minut. Sprawne działanie programu jest jego bardzo dużym atutem. W przypadku wystąpienia błędu w sformułowaniu zadania lub relacji – które najczęściej ujawniają się podczas ostatecznej analizy – można poprawić pierwotną macierz i ponownie wygenerować optymalny układ. Procedura poprawiania błędów nie zajmuje wiele czasu. Kwestia ta jest bardzo użyteczna podczas występowania zmian w procesie produkcyjnym. Przykładowo okazało się, że jakaś część nie jest dostępna w danej chwili lub z jakichś przyczyn musi zostać zmieniona na inną. Wystarczy zmodyfikować istniejące relacje lub zadanie i po chwili gotowa jest nowa propozycja rozwiązania. Pozwala to na dynamiczne uwzględnianie zmian w zarządzaniu przebiegiem produkcji.

5. LITERATURA

1. **Chlebus E.:** *Techniki komputerowe Cax w inżynierii produkcji*, WNT, Warszawa 2000.
2. **Durlik I.:** *Inżynieria zarządzania cz.1, wydanie VII uzupełnione*. Wyd. Placet, Warszawa (2007).
3. **Janiak M. Kalinkowski A.,** *Normalnotorowe wagony PKP. Opisy i charakterystyki techniczno-eksploatacyjne*, WKŁ, Warszawa 1974
4. **Kielec R.:** *Metoda planowania procesów produkcyjnych z uwzględnieniem sprzężeń zwrotnych*, Uniwersytet Zielonogórski 2003
5. **Pająk E.:** *Zarządzanie Produkcją* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
6. **Tarnowski W.:** *Podstawy projektowania technicznego*, WNT 1997.
7. <http://pl.numberempire.com/factorialcalculator.php>

ANALIZA SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W FIRMACH PRODUKCYJNYCH BRANŻY WYROBÓW MEDYCZNYCH

1. WPROWADZENIE

Do grupy wyrobów medycznych można zaliczyć bardzo szeroki zakres produktów od niedrogich, jednorazowych opatrunków do skomplikowanego i kosztownego wyposażenia diagnostycznego bądź terapeutycznego. Różnią się one nie tylko rodzajowo, ale również stopniem złożoności i zastosowania.

W europejskich dyrektywach "nowego podejścia", wdrożonych do polskiego prawa wyróżnia się trzy główne grupy wyrobów, które posiadają miano ogólnie pojętych "wyrobów medycznych" [1]:

1. Wyroby medyczne (różnego przeznaczenia).
2. Wyroby medyczne do diagnostyki in vitro.
3. Aktywne wyroby medyczne do implantacji.

Zgodnie z Dyrektywą Rady 93/42/EWG z dnia 14 czerwca 1993 r., która została wprowadzona do polskiego systemu prawnego Ustawą z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych, wyrób medyczny oznacza „narzędzie, przyrząd, urządzenie, oprogramowanie, materiał lub inny artykuł, stosowany samodzielnie lub w połączeniu, w tym z oprogramowaniem przeznaczonym przez jego wytwórcę do używania specjalnie w celach diagnostycznych lub terapeutycznych i niezbędnym do jego właściwego stosowania, przeznaczone przez wytwórcę do stosowania u ludzi w celu:

- diagnozowania, zapobiegania, monitorowania, leczenia lub łagodzenia przebiegu choroby,
- diagnozowania, monitorowania, leczenia, łagodzenia lub kompensowania skutków urazu lub upośledzenia,
- badania, zastępowania lub modyfikowania budowy anatomicznej lub procesu fizjologicznego,
- regulacji poczęć,

których zasadnicze zamierzone działanie w ciele lub na ciele ludzkim nie jest osiągnięte w wyniku zastosowania środków farmakologicznych, immunologicznych lub metabolicznych, lecz których działanie może być wspomagane takimi środkami" [2].

Od roku 1985 w Unii Europejskiej obowiązuje nowe podejście do harmonizacji przepisów, które usprawnia ujednoczenie ustawodawstwa krajowego z europejskim w zakresie bezpieczeństwa wyrobów przemysłowych. Nowe podejście zakłada [3]:

- tworzenie dyrektyw zawierających tylko bardzo ogólne, ale obowiązkowe wymagania zasadnicze;
- harmonizację wymagań wyłącznie w zakresie bezpieczeństwa, zdrowia i ochrony środowiska;
- swobodny obrót na terenie UE wyrobów spełniających wymagania zasadnicze.

Nowoczesne i kompleksowe regulacje dotyczące wyrobów medycznych w obszarze Unii Europejskiej zostały przyjęte przez jej organy w latach 1990–2011 w ramach 9 dyrektyw europejskich i 1 rozporządzenia. Każde państwo członkowskie ma za zadanie zapewnić według wymagań wysoki poziom bezpieczeństwa wytwarzanych na jego terytorium wyrobów medycznych, w celu zagwarantowania ich swobodnego przepływu w obszarze Wspólnoty. Z systemem dyrektyw dla wyrobów medycznych powiązane są normy zharmonizowane (EN). Określenie "norma zharmonizowana z dyrektywą" oznacza, że spełnienie wymagań normy powoduje domniemanie zgodności z wymaganiami dyrektywy w obszarze, którego norma dotyczy. Normy te definiują szczegółowe wymagania techniczne, mające swoje przełożenie na konkretne rozwiązania, przyjęte w samym wyrobie oraz w jego procesach produkcji. Regulacje te także odnoszą się do wymagań dla systemów zarządzania jakością. Pod określeniem zharmonizowanych norm europejskich znajdują się także niektóre normy ISO [4].

Celem artykułu była identyfikacja głównych efektów wdrażania ocena funkcjonowania systemu zarządzania jakością (SZJ) zgodnego z normą ISO 13485 w firmach produkcyjnych branży wyrobów medycznych. W artykule przedstawiono wyniki badań zmierzające do identyfikacji głównych efektów implementacji SZJ zgodnego z normą ISO 13485 na etapie jego wdrażania oraz funkcjonowania w weryfikowanych przedsiębiorstwach. Badania przeprowadzono przy użyciu kwestionariusza ankietowego sporządzonego przy pomocy polskiego portalu internetowego do tworzenia tego typu badań. Ankieta zawierała 18 pytań. O wypełnienie formularza poproszono pełnomocników ds. jakości 97 przedsiębiorstw branży medycznej różnej wielkości, zlokalizowanych na terenie Polski. W rezultacie grupa badawcza wyniosła 30 organizacji. Badanie pozwoliło na przeprowadzenie analiz dotyczących m.in. celów wdrażania SZJ, trudności występujących podczas wdrażania SZJ, efektów stosowania SZJ, a także trudności podczas funkcjonowania SZJ.

2. SYSTEM ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ WEDŁUG NORMY ISO 13485

2.1 Charakterystyka normy

Po raz pierwszy normy poświęcone wyłącznie systemom dla organizacji powiązanych z wyrobami medycznymi opracowano w 1996 roku, gdy międzynarodowa organizacja

ISO wydała normy ISO 13488 i ISO 13485. Ich europejskie wydania pojawiły się na rynku w roku 2000, a jako polskie normy PN-EN ISO 134845 oraz PN-EN ISO 13488 opublikowane zostały w roku 2002 przez Polski Komitet Normalizacyjny. W 2003 r. międzynarodowe normy z 1996 r. zostały zastąpione jedną normą, która przyjęła oznaczenie ISO 13485.

Pod względem minimalnej dokumentacji, norma ISO 13485 w stosunku do normy ISO 9001, jest znacznie mniej elastyczna. Wiele obszarów w szczególności specyficznych dla przemysłu medycznego musi być określonych w udokumentowanych procedurach. Dotyczy to takich kwestii jak:

- nadzór nad dokumentami i zapisami,
- projektowanie i rozwój,
- zakupy,
- nadzorowanie produkcji,
- monitorowanie i pomiary,
- monitorowanie i nadzorowanie środowiska pracy,
- identyfikacja i identyfikowalność,
- serwis,
- zabezpieczanie wyrobu,
- nadzór nad wyrobem niezgodnym / zwróconym,
- nadzorowanie wyrobu o ograniczonym czasie lub wymagającego specjalnych warunków,
- walidacja oprogramowania,
- walidacja sterylizacji,
- system informacji zwrotnych,
- notatki doradcze,
- raportowanie incydentów,
- audyty wewnętrzne,
- zbieranie i analizowanie danych,
- działania korygujące i zapobiegawcze [5], [6].

Norma ISO 13485 reguluje także kwestie związane z raportowaniem incydentów, systemem informacji zwrotnej oraz przechowywaniem dokumentów. Zawiera ponadto szczegółowe wymagania dotyczące realizacji wyrobu, środowiska i uprawnień personelu [5]. W Polsce w 2012 roku liczba certyfikatów wydanych na zgodność z ISO 13485 wyniosła 193, a w roku poprzednim 154. Oznacza to wzrost o 21%. Z kolei w 2004 roku tylko 21 organizacji w Polsce posiadało certyfikat ISO 13485. Od tego czasu poza rokiem 2008 i 2011 obserwuje się ciągły wzrost liczby wydanych certyfikatów [7].

2.2 Wdrożenie systemu jakości

Dokumentacja w systemie zarządzania jakością stanowi ważne narzędzie pozwalające na kontrolę jego działania, a główne cele prowadzenia rzetelnej dokumentacji to [8]:

- posiadanie pisemnego dowodu na opracowanie oraz wdrożenie systemu,
- posiadanie źródła informacji o całym systemie oraz jego elementach,
- posiadanie zapisu określającego przydzielone obowiązki i odpowiedzialności między pracownikami oraz wykaz kompetencji,
- posiadanie zapisu większości działań wykonywanych w ramach systemu.

Proces wdrożenia i utrzymania systemu zarządzania jakością według ISO 13485 odbywa się w podobny sposób, jak w przypadku systemów według popularnej normy ISO 9001. W głównej mierze jest to spowodowane faktem, że system zarządzania jakością zgodny z ISO 13485 zbudowany jest w oparciu o wymagania normy ISO 9001. Podczas wdrożenia i utrzymania SZJ według ISO 13485 należy jednak uwzględnić dodatkowe specyficzne wymagania dla branży wyrobów medycznych i pominąć niektóre wymagania normy ISO 9001. Organizacja chcąc wdrożyć SZJ musi wykonać szereg czynności. Można podzielić je na takie etapy jak:

- podjęcie decyzji o wdrażaniu i certyfikacji SZJ w organizacji,
- ocena stanu istniejącego,
- przygotowanie harmonogramu wdrażania,
- określenie przez zarząd aktualnych celów i strategii oraz opracowanie polityki jakości w organizacji,
- szkolenie pełnomocnika i zespołów roboczych,
- opracowanie dokumentacji,
- szkolenie audytorów wewnętrznych,
- szkolenie pracowników,
- wdrożenie dokumentacji, przeprowadzenie audytów wewnętrznych i przeglądu SZJ,
- przygotowanie do procesu certyfikacji,
- audyt certyfikujący [9], [10], [11].

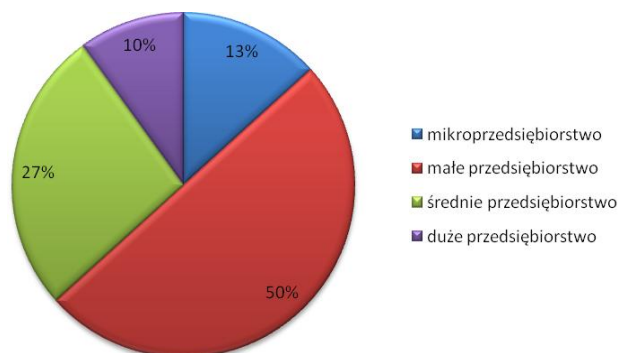
3. WYNIKI BADAŃ ANKIETOWYCH

Celem przeprowadzonych badań było poznanie i analiza opinii pełnomocników ds. jakości na temat certyfikowanego systemu zarządzania jakością (SZJ) zgodnego z normą ISO 13485 funkcjonującego w ich przedsiębiorstwach. Weryfikacji poddano główne motywy wdrożenia systemu, osiągnięte korzyści z certyfikacji, a także pojawiające się trudności podczas wprowadzania i funkcjonowania systemu zarządzania jakością z wyznaczeniem determinujących je czynników. Badanie miało również wykazać, jak polskie firmy branży medycznej oceniają funkcjonujący system, czy są usatysfakcjonowane z efektów, jakie przyniósł przedsiębiorstwu i czy jego wdrożenie wpłynęło na dywersyfi-

kację rynków zbytu. W celu identyfikacji najważniejszych uwarunkowań wdrażania i funkcjonowania systemu zarządzania jakością według normy ISO 13485 przygotowano i przeprowadzono badanie przy wykorzystaniu kwestionariusza ankietowego. Narzędzie to wybrano ze względu na niski koszt oraz rozproszenie terytorialne respondentów. Dodatkowo ankietę daje respondentom czas do namysłu i możliwość udzielenia odpowiedzi w dogodnym dla siebie momencie.

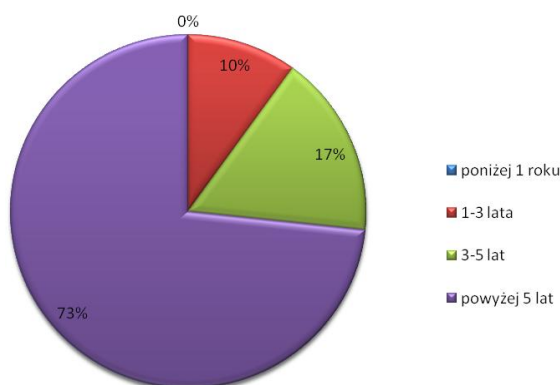
Ankieta składała się z 18 pytań. Sporządzono ją przy wykorzystaniu polskiego portalu internetowego do tworzenia badań ankietowych. W pierwszej fazie badań wiadomość wraz z odnośnikiem do formularza została wysłana pocztą elektroniczną do 60 przedsiębiorstw. Uzyskano 19 odpowiedzi, co stanowi 32% udziału firm, które wypełniły kwestionariusz. W następnym kroku ankietę rozesłano do 30 kolejnych przedsiębiorstw, także drogą mailową. Uzyskano przy tym 7 odpowiedzi. Z uwagi na trudności w uzyskaniu zwrotnych ankiet 5 badań przeprowadzono za pośrednictwem wywiadu telefonicznego z pełnomocnikiem ds. jakości lub przedstawicielem kadry kierowniczej. W rezultacie grupa badawcza wyniosła 30 przedsiębiorstw.

W grupie 30 badanych organizacji znajdowały się organizacje różnej wielkości w zależności od liczby zatrudnionych pracowników. Na rys. 1 zaprezentowano charakterystykę respondentów w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. Na ankietę odpowiadały głównie przedsiębiorstwa małe (zatrudniające od 10 do 49 pracowników), które stanowiły 50% respondentów oraz średnie (zatrudniające od 50 do 249 pracowników) stanowiące blisko 27% badanych organizacji. Z kolei udział mikroprzedsiębiorstw zatrudniających poniżej 10 pracowników wyniósł 13,33%. Najmniej odpowiedzi uzyskano od dużych przedsiębiorstw, które stanowiły 10% ogółu badanych. Biorąc pod uwagę czas funkcjonowania przedsiębiorstwa przed wdrożeniem SZJ zgodnego z normą ISO 13485, większość, bo aż 73,33% badanych organizacji funkcjonuje na polskim rynku powyżej 5 lat. W przedziale 3 do 5 lat swoją działalność prowadzi 16,67% badanych, natomiast 10% prowadzi ją w przedziale czasowym 1 rok do 3 lat. Wśród ankietowanych nie znalazła się firma funkcjonująca krócej niż rok czasu.



Rys. 1. Charakterystyka respondentów w zależności od wielkości przedsiębiorstwa

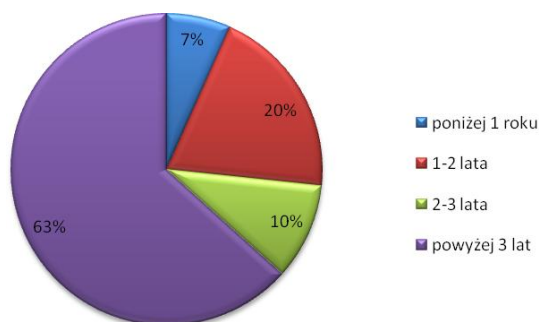
Na rys. 2 zaprezentowano charakterystykę respondentów w zależności od okresu funkcjonowania przedsiębiorstwa przed wdrożeniem systemu zarządzania jakością zgodnego z normą ISO 13485.



Rys. 2. Charakterystyka respondentów w zależności od okresu funkcjonowania przedsiębiorstwa przed wdrożeniem SZJ według normy ISO 13485

System zarządzania jakością zgodny z wymaganiami normy ISO 13485 funkcjonuje powyżej 3 lat w ponad 73% badanych organizacjach. 10% ankietowanych firm posiada taki SZJ przez stosunkowo krótki okres czasu, 1-2 lat. Trzy przedsiębiorstwa wykazały, że SZJ według normy ISO 13485 funkcjonuje u nich od 2 do 3 lat. Również niewielki odsetek respondentów, bo 6,67% badanych posiada SZJ poniżej roku czasu. Na rys. 3

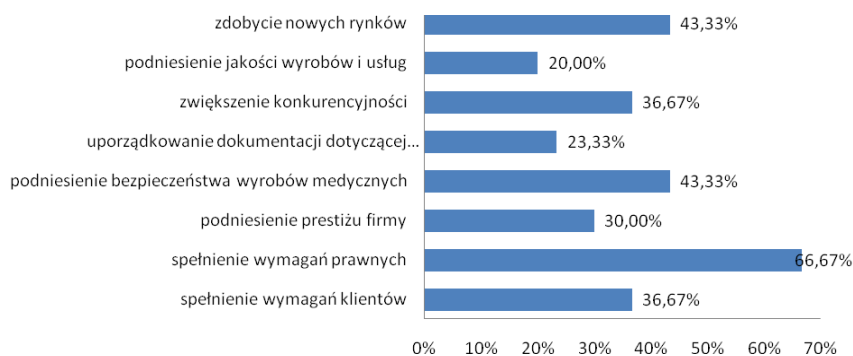
zaprezentowano dane dotyczące okresu funkcjonowania systemu zarządzania jakością zgodnego z normą ISO 13485 w badanych przedsiębiorstwach.



Rys. 3. Okres funkcjonowania SZJ według normy ISO 13485

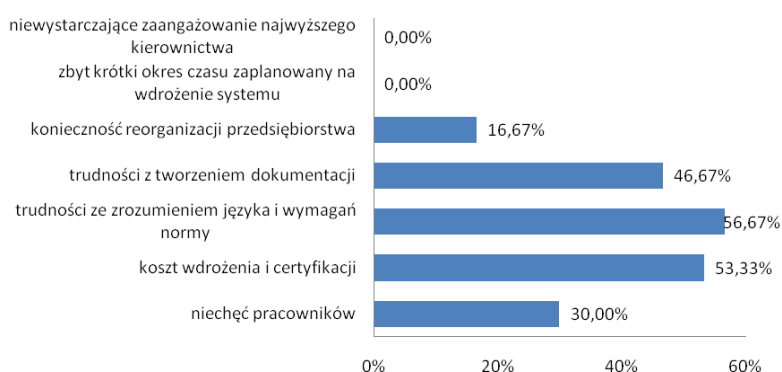
Przedstawiciele badanych przedsiębiorstw wskazywali w kwestionariuszu ankietowym trzy główne motywy wdrożenia w ich organizacjach SZJ. Wyniki zaprezentowano na rys. 4. W zdecydowanej większości badanych organizacji system zarządzania jakością zgodny z wymaganiami normy ISO 13485 funkcjonuje dłuższy okres, liczony powyżej 3 lat. Stanowi to większą wartościowość wyników badania, ponieważ dłuższy czas posiadania SZJ pozwala pracownikom na lepszą identyfikację efektów jego wdrożenia, a także trafniejsze wskazanie czynników utrudniających jego funkcjonowanie. Najczęściej wymienianą przesłanką skłaniającą do wdrożenia SZJ zgodnego z normą ISO 13485 było spełnienie wymagań prawnych – wskazało ją 67% organizacji. Taki stan rzeczy może wynikać ze zharmonizowanego charakteru normy ISO 13485 na rynku europejskim. Z kolei dla 43,33% firm jednym z głównych motywów wdrożenia systemu była chęć zdobycia nowych rynków oraz podniesienie bezpieczeństwa produkowanych wyrobów. Prawie 37% respondentów przyznało, że wprowadzenie SZJ spowodowane było spełnieniem wymagań klientów i zwiększeniem konkurencyjności. W dalszej kolejności ankietowane przedsiębiorstwa wymieniły takie motywy jak: podniesienie prestiżu firmy, uporządkowanie dokumentacji dotyczącej wyrobów medycznych oraz podniesienie jakości wyrobów i usług.

Wdrażanie systemu jest procesem czasochłonnym. Zewnętrzni konsultanci, którzy posiadają doświadczenie we wdrażaniu systemów zarządzania jakością, przeprowadzają szkolenia i służą pomocą w razie pojawiających się problemów. Niezbędne jest jednak pełne zaangażowanie pracowników i kierownictwa w poszczególnych etapach prac. Respondenci mieli za zadanie wskazać co najmniej jedną, a co najwyżej trzy trudności, które wystąpiły w ich przedsiębiorstwach podczas wdrażania systemu zarządzania jakością zgodnego z normą ISO 13485.



Rys. 4. Cele wdrażania SZJ według normy ISO 13485

Wyniki zaprezentowano na rys. 5. Najczęściej występującą barierą w firmach podczas wdrożenia systemu okazała się trudność wynikająca ze zrozumienia języka i wymagań normy – wskazało ją blisko 57% respondentów. Kolejną często wytypowaną przeszkodą był koszt wdrożenia i certyfikacji – zwróciła na to uwagę ponad połowa badanych (53,33%). Na trzecim miejscu wymieniana była trudność wynikająca z tworzenia dokumentacji – prawie połowa (46,67%) badanych określiła to jako problem występujący w dużym stopniu. W dalszej kolejności, jako trudności wymieniane były niechęć pracowników oraz konieczność reorganizacji przedsiębiorstwa. Stawianie wśród celów SZJ na pierwszym miejscu spełnienie wymagań prawnych oraz na drugim podniesienie bezpieczeństwa wyrobów wskazuje na właściwe zrozumienie wymagań normy ISO 13485 przez badane przedsiębiorstwa.



Rys. 5. Główne przyczyny problemów występując podczas funkcjonowania SZJ według normy ISO 13485

W odróżnieniu od ISO 9001, norma ISO 13485 skoncentrowana jest właśnie na bezpieczeństwie wyrobu i zgodności z wymaganiami formalnymi (przepisami). Funkcjonowanie certyfikowanego systemu ma także zwiększyć szanse na przetrwanie i wyróżnienie się firmy na coraz bardziej konkurencyjnym i wymagającym rynku. Organizacje przyznają, że we wdrożeniu SZJ według normy ISO 13485 upatrują szansy na zdobycie nowych rynków oraz wzrost konkurencyjności. Spełnienie wymagań klientów jest mimo wszystko również ważnym celem wdrożenia systemów zarządzania jakością.

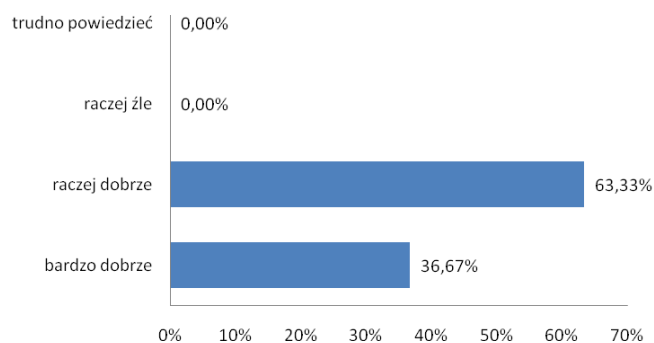
Wskazanie przez przedsiębiorstwa problemów występujących podczas funkcjonowania systemu zarządzania jakością nie powinno przysporzyć wielu trudności. Autor niniejszej pracy chciał jednak uzyskać dodatkowo odpowiedź, jakie są według przedsiębiorstw przyczyny pojawiających się problemów podczas utrzymania i doskonalenia systemu. Ankietowani poproszeni zostali o wskazanie przynajmniej jeden, a co najwyżej trzech przyczyn występujących w ich firmach problemów. Wyniki zaprezentowano na rys.6.



Rys. 6. Przyczyny problemów występujących podczas funkcjonowania SZJ według normy ISO 13485

Główną przyczyną problemów występujących podczas funkcjonowania SZJ był według 63,33% respondentów brak czasu. Dalej z kolei, za powód problemów, prawie 24% badanych przedsiębiorstw uważało brak skoordynowanych działań w poszczególnych elementach systemu. Na trzecim miejscu uplasowały się takie przyczyny jak: nieprzeznaczenie odpowiednich zasobów na funkcjonowanie systemu, niewystarczające zaangażowanie najwyższego kierownictwa oraz niewystarczające przygotowanie pracowników do pełnienia ról w systemie. Co najciekawsze, najmniej wskazywanym powodem problemów były błędy popełnione na etapie budowy systemu (10%).

Na koniec badania ankietowego poproszono badane przedsiębiorstwa o wydanie ogólnej oceny na temat funkcjonowania wdrożonego SZJ w ich firmach. Według odpowiedzi udzielanych przez respondentów wdrożony system funkcjonuje bardzo dobrze w prawie 37% firm badanej grupy. Reszta przedsiębiorstw (63,33%) oceniła jego działanie jako „raczej dobre”. Nikt z ankietowanych nie miał trudności z wydaniem oceny, ani nie opowiedział się za złym funkcjonowaniem SZJ w jego organizacji (rys. 7).



Rys. 7. Ocena funkcjonowania SZJ według normy ISO 13485

Wyniki wskazują, że mimo pojawiających się problemów podczas funkcjonowania systemu, wszyscy respondenci uważają, że system funkcjonuje w ich przedsiębiorstwach dobrze. To bardzo dobry wynik, jednak trudno jest ocenić, na ile rzeczywisty. Większość organizacji wskazywała przecież na występowanie problemów związanych z dokumentacją oraz prawie jedna trzecia badanych (30%) na problem, jakim jest zbyt małe zaangażowanie pracowników. Trudności te mogą w znacznym stopniu wpływać na to, że SZJ zgodny z ISO 13485 nie będzie funkcjonował prawidłowo. Nie wiadomo, więc czy ankietowani dokonali oceny z „przymrużeniem oka” na pewne niedociągnięcia, czy systemy zarządzania jakością w polskich firmach branży wyrobów medycznych są w rzeczywistości dobrej kondycji.

4. POSUMOWANIE

Z przeprowadzonego badania i wykonanych analiz można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Głównymi przesłankami wdrażania SZJ zgodnego z normą ISO 13485 przez badane przedsiębiorstwa były: spełnienie wymagań prawnych, podniesienie bezpieczeństwa pracy oraz zdobycie nowych rynków.
2. Najczęściej spotykane problemy występujące podczas wdrażania SZJ zgodnego z normą ISO 13485 związane były z trudnościami wynikającymi ze zrozumienia języka i wymagań normy, kosztami wdrożenia i certyfikacji oraz trudnościami związanymi z tworzeniem dokumentacji.
3. Wdrożenie i utrzymanie SZJ zgodnego z normą ISO 13485 w badanych przedsiębiorstwach pozwoliło na spełnienie założonego celu tj. spełnienia wymagań prawnych. Do najczęściej wskazywanych efektów wdrożenia SZJ należą: także

uporządkowanie dokumentacji dotyczącej wyrobów medycznych oraz spełnienie wymagań klientów.

4. Uporządkowanie dokumentacji dotyczącej wyrobów medycznych jest docenianym przez respondentów rezultatem, niezależnie od czasu funkcjonowania SZJ w ich firmach.
5. Korzyści wewnętrzne wynikające z wdrożenia i utrzymania SZJ, mające największe znaczenie dla badanych przedsiębiorstw, to: poprawa jakości wyrobów i usług oraz uporządkowanie struktury organizacyjnej w firmie.
6. Za najważniejsze korzyści zewnętrzne, otrzymane dzięki wdrożeniu i utrzymaniu SZJ w badanych przedsiębiorstwach, uznano: poprawę wizerunku firmy oraz wzrost wiarygodności i zaufania w opinii klientów.
7. Większe znaczenie dla badanych przedsiębiorstw miały korzyści zewnętrzne niż korzyści wewnętrzne.
8. Według znacznej większości ankietowanych, czynnikiem ułatwiającym działanie SZJ zgodnego z normą ISO 13485 jest jasne określenie wymagań SZJ, natomiast czynnikiem utrudniającym – nadmiernie rozbudowana dokumentacja.
9. Biurokracja oraz zbyt duża ilość dokumentów to najczęstszy problem, związany z utrzymaniem SZJ według normy ISO 13485, jaki napotykają badane przedsiębiorstwa w ostatnim czasie. Dodatkowo, trudność ta wskazywana jest z równie wysokim natężeniem przez organizacje niezależnie od czasu funkcjonowania systemu.
10. Większość respondentów uznała, że brak czasu jest główną przyczyną problemów występujących podczas funkcjonowania SZJ zgodnego z normą ISO 13485.
11. Ankietowani mieli podzielone zdania co do wpływu SZJ zgodnego z normą ISO 13485 na dywersyfikację rynków zbytu.
12. SZJ zgodny z normą ISO 13485 w opinii pełnomocników ds. jakości badanych przedsiębiorstw funkcjonuje w ich firmach raczej dobrze bądź bardzo dobrze. Prawie wszyscy respondenci uznali, że system spełnił ich oczekiwania i przyniósł pozytywne zmiany. Znaczna większość rekomenduje wdrożenie systemu zarządzania jakością według normy ISO 13485 przedsiębiorstwom tej samej branży. Znalazła się także bardzo niewielka część respondentów, która miała trudności ze wskazaniem, czy system spełnił ich oczekiwania, nie zauważyła różnicy w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa bądź nie była w stanie określić opłacalności tej inwestycji.

Wyniki przeprowadzonego badania mogą stanowić pomoc dla producentów branży wyrobów medycznych, w podjęciu właściwej decyzji o wdrożeniu SZJ zgodnego z normą ISO 13485 w ich przedsiębiorstwach. Zaprezentowane dane wskazują m.in. na efekty wdrożenia oraz pojawiające się bariery, jakich z dużym prawdopodobieństwem mogą się spodziewać przedsiębiorcy przy wprowadzaniu systemu. Natomiast możliwość poznania

najczęściej pojawiających się trudności podczas wdrażania i funkcjonowania SZJ daje im szansę na ewentualne przygotowanie się do ich uniknięcia.

5. LITERATURA

- [1] **Ustawa z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych**, Dz.U., nr 107, poz. 679
- [2] **Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich 93/42/EWG** z dnia 14 czerwca 1993r. dotycząca wyrobów medycznych, Dz.U. L 169 z 12.7.1993
- [3] www.cemed.info/rozdzial02.html (23.11.2015)
- [4] www.tuv.com/pl/poland/o_nas/magazyn_jakosc/jakosc_02_2015/polskie_wyroby_medyczne_zdobywaj_wiatowe_rynki/polskie_wyroby_medyczne_zdobywaj_wiatowe_rynki.html (23.11.2015)
- [5] **Polska Norma PN-EN ISO 13485:2012**, Wyroby medyczne - Systemy zarządzania jakością - Wymagania do celów przepisów prawnych, PKN, Warszawa, 2012
- [6] **Polska Norma PN-EN ISO 9001:2009**, *Systemy zarządzania jakością - Wymagania*, PKN, Warszawa, 2009
- [7] www.jakosc.biz/liczba-certyfikatow-iso-9001-znowu-spada-czyli-iso-survey-2012 (23.11.2015)
- [8] **A. Hamrol**, *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005
- [9] www.iso.podkarpackie.com.pl/artykuly/konferencja/Andrzej_Pacana.pdf (23.11.2015)
- [10] www.centrum.jakosci.pl/wdrazanie-szj,etapy-wdrazania.html (23.11.2015)
- [11] www.mfiles.pl/pl/index.php/Wdra%C5%BCanie_systemu_zarz%C4%85dzania_jako%C5%9Bci%C4%85 (23.11.2015)

WDRAŻANIE TPM W ODDZIAŁACH ZAKŁADY WZBOGACANIA RUD KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.

Część I

WPROWADZENIE

Głównym celem działalności przedsiębiorstwa to zysk przy maksymalnej redukcji kosztów, który może osiągnąć m.in. poprzez wprowadzenie systemu TPM (Total Productive Maintenance – Totalne Zarządzanie Utrzymaniem Ruchu).

Praca zawiera szczegółową analizę systemu TPM, jaki wdrażany był od stycznia 2012 roku, w Zakładach Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A.

Na podstawie relacji panujących w O/ZWR, przedstawiono czym jest Total Productive Maintenance (TPM), jego główne obszary działania, strukturę oraz filozofię. Kolejno, opisano sytuację, która miała miejsce przed wdrożeniem projektu TPM, proces jego adaptacji oraz wpływ TPM na zarządzanie jakością w Zakładach Wzbogacania Rud.

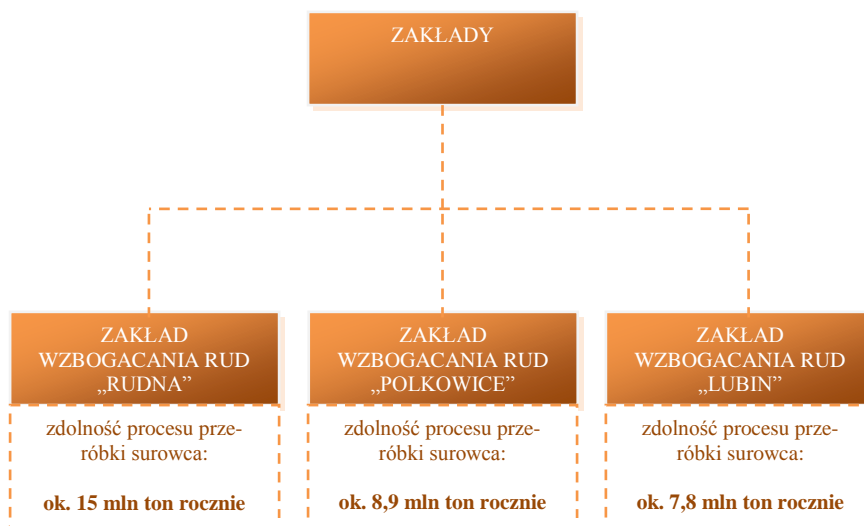
Wdrażanie systemu TPM w Zakładach Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A., polecono wszystkim jednostkom współpracującym z Zakładem, również firmom zewnętrznym, które prowadzą usługi utrzymania ruchu oraz remontów maszyn i urządzeń, na rzecz O/ZWR.

Głównym zadaniem w funkcjonowaniu Zakładów Wzbogacania Rud jest wzbogacanie rudy miedzi i sprzedaż koncentratu miedzi. Działanie podstawowe zakładu to dbanie przede wszystkim o utrzymanie w ruchu parku maszynowego, bieżące prace budowlano-montażowe, konstrukcyjne i remontowe związane z prowadzoną specyfiką.

Produkcja koncentratu miedzi, odbywa się w trzech Zakładach: Zakład Wzbogacania Rudy „Rudna” (zawartość miedzi w koncentracie wynosi 29%), Zakład Wzbogacania Rudy „Polkowice” (zawartość miedzi w koncentracie wynosi 28%) oraz Zakład Wzbogacania Rudy „Lubin” (zawartość miedzi w koncentracie wynosi 18%), przy uzysku technologicznym na poziomie 89-90,5%, rys.1.

Do Zakładów Wzbogacania Rud kieruje się całość urobku wydobywanego w Zakładach Górniczych. Operacje wzbogacania surowca są we wszystkich zakładach takie same, a ze względu na różne właściwości przerabianej rudy, schematy technologiczne poszczególnych zakładów są indywidualne. Z wydobywanej rudy miedzi, po jej wzbogaceniu otrzymuje się koncentraty, które przetapiane są w hutach na miedź anodową, a następnie za pomocą elektrolizacji, na miedź rafinowaną. Ubocznym produktem

procesu elektorafinacji, jest szlam anodowy, z którego wydziela się srebro oraz niewielkie ilości złota.



Rys. 1. Zakłady Wzbogacania Rud – wskaźniki technologiczne [1].

1. CHARAKTERYSTYKA TPM

Pojęcia TPM po raz pierwszy użyto w 1971 roku w Japan Institute of Plant Engineers [2], choć nie jest powiedziane, że to tylko i wyłącznie Japończycy są twórcą tego systemu. W okresie międzywojennym przed 1950 rokiem, maszyny stawiały coraz to nowe wyzwania swoim użytkownikom. Pierwsze działania związane z usprawnieniem funkcjonowania parku maszynowego wprowadzono w USA, zastosowano wówczas pojęcie – Zapobiegawcze Utrzymanie Ruchu (ang. Preventive Maintenance).

Zapobiegawcze Utrzymanie Ruchu, to jak sama nazwa wskazuje, obsługa profilaktyczna maszyny opierająca się głównie na obsłudze okresowej, naprawie okresowej oraz cyklicznych remontach. Metodyka ta, w latach 1950, została przekazana oraz wdrożona w Japonii, celem odbudowy zniszczonego przemysłu. Japończycy wiele pracowali nad udoskonaleniem przekazanej koncepcji zarządzania maszynami, wprowadzając pojęcie Produktywne Utrzymanie Ruchu (ang. Productive Maintenance), dali początek nowej koncepcji zarządzania parkiem maszyn, która opierała się na podziale pracowników, tych produkujących oraz tych, którzy naprawiali.

W latach 70-tych w ramach ideologii TPM, Japończycy skupili się również nad poprawą konstrukcji maszyn, poprzez wyeliminowanie błędów, jakie zostały popełniane na etapie projektowania ich budowy, wprowadzili tzw. Korekcyjne Utrzymanie Ruchu (ang. Corective Maintenance). Wszystko to miało ogromny wpływ, na zrodzenie się

koncepcji Totalnego Produktywnego Utrzymania Ruchu (ang. TPM), systemu który stał się nieodłącznym elementem strategii zarządzania przedsiębiorstwem w obecnych czasach.

1.1. Definicja TPM

TPM - Totalne Produktywne Utrzymanie Ruchu (ang. Total Productive Maintenance), to obsługa autonomiczna (konserwacyjna) maszyn i urządzeń, realizowana wewnątrz zakładu, przez operatorów maszyn oraz personel utrzymania ruchu.

W systemie TPM, to operator odgrywa bardzo ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu parku maszynowego. Autonomiczne Utrzymanie Ruchu polega na ciągłej kontroli maszyny, tak, aby jak najdłużej pozostawała ona w sprawności technicznej. Operator zajmuje się również drobnymi zadaniami z zakresu Utrzymania Ruchu, dbając przy tym o czystość swojego urządzenia.

W definicji TPM, kluczową rolę odgrywa również Planowa Konserwacja maszyn, gdzie wyróżniamy jej dwa podstawowe rodzaje: konserwacja profilaktyczna oraz konserwacja prognozowana.

Konserwacja profilaktyczna nakazuje użytkownikowi zastosowanie się do zaleceń producenta danej maszyny i postępowanie zgodnie z jego instrukcjami, tzn. wykonywanie prac konserwacyjnych zgodnie z przyjętym harmonogramem, aby uniknąć awarii.

Konserwacja prognozowana, polega na poznawaniu własnej maszyny. Użytkownik podczas planowej konserwacji, zdobywa informacje oraz doświadczenie, które niezbędne są do przewidywania i wczesnego reagowania, aby nie dopuścić do pojawienia się awarii maszyny. Takie działanie dodatkowo pomoże zoptymalizować koszty związane z wymianą części zamiennych oraz z zatrzymaniem maszyny.

1.2. Główne cele i obszary wdrażania TPM

Podstawowym celem oraz różnicą pomiędzy TPM, a pozostałymi systemami do zarządzania przedsiębiorstwem, jest totalne zaangażowanie operatorów maszyn w proces utrzymania ruchu. Według koncepcji TPM, to właśnie operator odgrywa najważniejszą rolę w utrzymaniu jak najlepszej kondycji technicznej maszyny. To właśnie unikalne podejście sprawia, że osiągnięcie założonych celów: zero produktów ubocznych, zero awarii maszyn oraz zero wypadków przy pracy, jest możliwe do zrealizowania.

Kluczem do osiągnięcia założonych celów TPM, jest zaangażowanie pracowników na wszystkich szczeblach organizacji przedsiębiorstwa.

Poprzez udział we wdrożeniu systemu TPM, a tym samym sprawowanie opieki nad maszyną, również po części na poziomie technicznym, użytkownik – operator, staje się osobą ważną w swojej organizacji, rośnie poczucie jego odpowiedzialności, co rzutuje na sposób wykonywania jego pracy.

Cele systemu TPM, z punktu widzenia ściśle ekonomicznego, podzielić można na 6 głównych obszarów:

- produkcja (ang. Production) – należy skupić się przede wszystkim na maksymalnym wykorzystaniu możliwości, jakie daje maszyna produkująca. Bardzo często

zdarza się bowiem, że maszyna ze względu na swój zły stan techniczny, pracuje wolniej niż pozwalają na to określające ją parametry.

- jakość (ang. Quality) – należy produkować w taki sposób, aby nie generować produktów niezgodnych z wymogami, tzw. zwrotów. Straty wynikające z niskiej jakości produktu, mają ogromny wpływ na wykorzystanie maszyn, ponieważ maszyna wówczas praktycznie nie realizuje swoich możliwości.
- koszt (ang. Cost) – należy zoptymalizować proces produkcyjny w taki sposób, aby zminimalizować koszty związane z wytworzeniem danego produktu. Bardzo dużą rolę odgrywa tutaj wyeliminowanie nieplanowanych przestojów, awarii, złej gospodarki materiałowej oraz częściami zamiennymi związanymi z produkcją, mogącymi mieć wpływ na płynną pracę parku maszynowego.
- dostawy (ang. Delivery) – produkować należy w taki sposób, aby efektywnie dostarczać dobra, których wymaga klient. Kluczową rolę w tej sytuacji stanowi czas wytworzenia danego produktu, a to z kolei związane jest np. z przezbrajaniem maszyny. Okres, w którym maszyna jest wyłączona z procesu produkcyjnego, prowadzić może do wygenerowania strat. Straty, o których mowa, są konsekwencją gromadzenia dużych zapasów, a to w ideologii TPM określa się jako marnotrawstwo.
- bezpieczeństwo (ang. Security) – produkować należy bezpiecznie, zachowując bezwypadkowe środowisko pracy, ponieważ każdy wypadek przy pracy, to postój maszyny.
- zarządzanie (ang. Management) – maksymalne wykorzystanie możliwości maszyny można osiągnąć tylko wtedy, gdy nasi pracownicy posiadają odpowiednie kwalifikację, wiedzę i doświadczenie. Umiejętność odpowiedniego zarządzania potencjałem, to bardzo ważny element podczas wdrażania systemu TPM. Nasz zespół zdobywa nowe umiejętności, pracownicy produkcyjni poznają zasady działania maszyny, które przekazywane są im przez pracowników z grupy utrzymania ruchu. Pracownicy utrzymania ruchu pełnią w tej sytuacji rolę tzw. „trenerów”, a na te potrzeby zapoznawani są z różnymi technikami przekazywania wiedzy.

W styczniu 2012 roku, na pierwszym ze spotkań z pracownikami Zakładów Wzbożaczania Rud oraz firm realizujących outsourcing, które dotyczyło wdrożenia TPM, padło jedno z podstawowych pytań: „*dlaczego powinniśmy wprowadzić system TPM*”. Oto kilka odpowiedzi, jakie otrzymano wówczas ze strony Załogi: „*...aby pracowało się lepiej*”, „*...żeby posprzątać stanowiska pracy*”, „*...żeby nas nie zalewało*”, „*...w celu wprowadzenia nowych rozwiązań*”, „*...aby uniknąć awarii*”, „*...żeby wszystko było na swoim miejscu*”, „*...bo trzeba wprowadzić pewne standardy*”, „*...żeby mieć więcej czasu na kontrolę maszyn*”. Jak widać odpowiedzi, skupiały się przede wszystkim na poprawie warunków pracy, nic przecież w tym dziwnego, kwestie ekonomiczne przedsiębiorstwa nie są dla pracowników rzeczą najistotniejszą. A tak naprawdę, co powinno skłonić nas do wdrożenia systemu?

W dzisiejszych czasach w świetle ogromnej konkurencji, to rynek określa cenę wytworzonego towaru i aby osiągnąć jakikolwiek zysk, należy maksymalnie zminimalizować koszty produkcji. Na rys. 10, widać zależność zysku od kosztów produkcji oraz

ceny produktu. Im większe koszty produkcji, tym mniejszy zysk, wpływ na zysk ma w tej sytuacji większa cena produktu. Optymalizacja kosztów produkcji, pozwala osiągać większe zyski, przy konkurencyjnych cenach.

TPM, to narzędzie, które poprzez eliminację: błędów, braków, nadprodukcji, kosztów częstych napraw, postojów maszyn, wysokich kosztów konserwacji, czyli ogólnie wszelkiego rodzaju marnotrawstwa, pozwala odnosić sukcesy na polu konkurencji.

TPM w swoim podejściu do zarządzania, rozróżnia trzy podstawowe typy strat w procesie produkcyjnym przedsiębiorstwa: straty dostępności, straty skuteczności oraz straty Produkcji [3]. Koncepcją TPM jest to, aby odpowiednio eliminować poszczególne straty. Pierwszym i najważniejszym krokiem w tym celu, jest standaryzacja działalności zespołu w różnych obszarach przedsiębiorstwa: produkcja, utrzymanie ruchu, gospodarka magazynowa itp. Aby usuwać nieprawidłowości pracownik musi potrafić zdefiniować kiedy praca maszyny jest nieprawidłowa. Według koncepcji TPM, zespół powinien osiągać postawione cele w sposób etapowy, aby jak najlepiej zrozumieć ideologię systemu. Umiejętność podążania drogą wyznaczoną przez system, pracownik może nabyć tylko wtedy, gdy przebrnie przez główne jego filary [6]. Na rys. 2. przedstawiono fundament TPM – 5S.



Rys. 2. Projekt logo TPM w KGHM. Autor projektu – Dominik Golec

5S, czyli:

- Selekcja – wyeliminuj wszystko to co jest zbędne;
- Sortowanie – zorganizuj miejsce pracy w taki sposób, abyś mógł natychmiast znaleźć, to czego potrzebujesz;
- Sprzątanie – czyść maszyny oraz stanowisko pracy, abyś miał nad wszystkim pełną kontrolę;

- Standaryzacja – określ standardy w swoim przedsiębiorstwie, aby wszelkie czynności związane z jego funkcjonowaniem przebiegały sprawnie;
- Samodyscyplina – przestrzegaj wszystkich zasad jakie obowiązują w twoim zakładzie.

5S, to pierwszy krok do wdrożenia systemu TPM. Uporządkowany zakład, to przede wszystkim bezpieczeństwo pracy oraz mniej straconego czasu. Praca w czystym miejscu, sprawia poczucie komfortu i potęguje dobrą atmosferę wśród personelu.

Po wdrożeniu 5S w jednym z Oddziałów Utrzymania Ruchu Zakładów Wzbogacania Rud, przedstawiono wyniki testu, który dotyczył odnalezienia w magazynku podręcznym, części niezbędnej do usunięcia usterki maszyny, wyniki przedstawione na rys. 3.

Przy okazji przeprowadzonego testu, stwierdzono również, że pracownik w przypadku 1, nie potrafił wskazać co zginęło mu z magazynu podczas jego chwilowej nieobecności, podczas gdy w sytuacji 2, wskazał brakujący element już po krótkiej chwili.

Na fundamentach systemu, znajdują się filary TPM i stanowią one jego kwintesencję. Wyróżniamy kilka filarów TPM: Filozofia Kaizen; Autonomiczna Konserwacja; Planowa Konserwacja; Trening i szkolenie; Jakość; Ochrona Środowiska i bezpieczeństwo; Administracja [5].



Rys. 3. 5S w magazynie podręcznym – test.

Istotą **Kaizen** jest ciągłe doskonalenie, w które powinny być zaangażowani wszyscy, zarówno kadra zarządzająca, jak i pracownicy produkcyjni [4]. Kaizen mówi o udoskonalaniu stanu istniejącego, będące rezultatem ciągłych działań. Potępiana jest bierność, najgorsze są takie przedsiębiorstwa, w których nie robi się nic poza utrzymaniem obecnego stanu. Kaizen twierdzi, że ciągłe zmiany są wymuszane przez rynek i konkurencję, a manager przedsiębiorstwa powinien wiedzieć w jaką stronę zmierzać, gdy chce doprowadzić do wzrostu jakości i wydajności

Kolejnym z zasad TPM jest **Autonomiczna Konserwacja**. Autonomiczna konserwacja odnosi się do tradycyjnego zarządzania maszynami, gdzie istniał podział na dział produkcji oraz utrzymania ruchu. Podejście takie rodziło wiele problemów, przede wszystkim na płaszczyźnie współpracy, istniała bowiem ciągła rywalizacja pomiędzy działami, która tak naprawdę nie przynosiła żadnej korzyści dla funkcjonowania przedsiębiorstwa. Produkcja za sprawność techniczną maszyn, obwiniała służby utrzymania ruchu i odwrotnie. Autonomiczna Konserwacja, to obsługa konserwacyjna maszyn i urządzeń, która wykonywana jest bezpośrednio przez operatorów. Głównym celem takich działań jest wczesne zapobieganie awariom, ale również to, by operator posiadał wiedzę na temat sposobu działania swojej maszyny i dbał o jej prawidłową pracę. Umiejętność zauważania nieprawidłowości jest podstawową cechą, jaką powinien posiadać operator i wymaga od niego pełnego zaangażowania. Aby pracownik mógł poprawnie realizować politykę autonomicznej konserwacji, powinien nie tylko zauważać, ale również usuwać nieprawidłowości i dbać o stabilizację pracy maszyny, tak aby pracowała w optymalnych dla niej warunkach. Proces nabycia umiejętności samodzielnej konserwacji maszyny oraz utrzymania jej w idealnym stanie technicznym (automatyczna konserwacja), odbywa się podczas 7-etapowego treningu, którego schemat przedstawiono na rys. 4.

ETAP	CEL
Czyszczenie i sprawdzenie maszyny	<i>Tylko w czystej maszynie, zauważymy problem</i>
Eliminacja źródeł zabrudzeń	<i>Jak zrobić żeby maszyna zawsze była czysta</i>
Określenie standardów	<i>Czyścimy i konserwujemy wg określonych reguł</i>
Szkolenie	<i>Podjęmuj działania samodzielnie</i>
Samodzielna konserwacja	<i>Stosuj i modyfikuj listy kontrolne</i>
Organizacja i porządek	<i>Zapobiegaj awariom, utrzymuj czystość maszyn</i>
Autonomiczna konserwacja	<i>Pełna kontrola nad obsługą maszyn</i>

Rys. 3. Siedmio etapowy trening Automatycznej Konserwacji

Planowa Konserwacja, to kolejny z kluczowych elementów wdrażania systemu TPM. Głównym celem tej czynności, jest wyeliminowanie nieplanowanych postojów maszyn. Planową konserwację podzielić można na dwa rodzaje: *konserwacja profilaktyczna*, która polega na działaniach zapobiegawczych zgodnie z zaleceniami dokumentacji maszyny oraz konserwacja prognozowana, podczas której dział utrzymania ruchu na podstawie zdobytych doświadczeń związanych z obsługą konserwacyjną maszyn, potrafi określić częstość interwencji i konieczny czas na wykonanie niezbędnych czynności, aby odpowiednio wcześnie reagować, nie dopuszczając do awarii. Bardzo pomocnym

w planowej konserwacji jest plan przeglądów konserwacyjnych. Spaja on działanie Operatorów oraz Służb Utrzymania Ruchu, tak aby maksymalnie wykorzystać postój maszyny oraz zminimalizować ilość zatrzymań.

Wdrażanie TPM realizowane jest przede wszystkim poprzez **trening i szkolenie** załogi. Podnoszenie wiedzy i umiejętności pracowników jest rzeczą bardzo istotną, ponieważ wartościowy pracownik, to pracownik doświadczony, rozumiejący problemy swojego przedsiębiorstwa. Szkolenie personelu powinno odbywać się na wszystkich jego szczeblach i tak kolejno pracownicy produkcyjni poznają zasady działania maszyn i urządzeń, a pracownicy utrzymania ruchu poznają nowe technologie i możliwości diagnostyczne, po to aby maszyny i urządzenia pozostawały jak najdłużej w sprawności technicznej. Nadrzędnym celem realizowania procesu szkoleń jest osiągnięcie wskaźnika zero przestojów z winy człowieka oraz zero strat wynikających z braku wiedzy. Polityka szkoleń pomaga nie tylko w kwestii zdobywania wiedzy, ale również zwiększa motywację pracowników, sprawia że praca staje się ciekawsza, pracownicy odczuwają, że skoro przedsiębiorstwo chce ich kształcić, to znaczy że są dla niego ważni, stają się potrzebni, a przez to bardziej zaangażowani.

Jakość. W rozumowaniu TPM większość problemów związanych z jakością wynika przede wszystkim z niewłaściwej obsługi maszyny, występowania awarii oraz innych przestojów, które zakłócają proces produkcji. Celem utrzymania jakości, jest zorientowanie na klienta, zmniejszenie liczby braków oraz zmniejszenie kosztów produkowania. Główny nacisk podczas zapewnienia jakości, położony jest na eliminację niezgodności w systematyczny sposób. Uczymy się jakie z elementów mają istotny wpływ na jakość wytwarzanego produktu, a następnie przechodzimy do potencjalnych przyczyn występujących problemów. Do utrzymania jakości produkcji, stosowane są dwa podstawowe narzędzia: analiza 5 x dlaczego oraz analiza PM. Koncepcją analiz jest weryfikacja wszystkich przyczyn awarii w celu odnalezienia przyczyny źródłowej problemu. Zadaвай tak długo pytania i odpowiadaj na nie, aż dojdiesz do źródła.

Kolejnym z ważnych aspektów we wdrażaniu TPM jest **BHP i ochrona środowiska**. Bezpieczeństwo pracy, czyli: zero wypadków, zero uszczerbków na zdrowiu, zero pożarów. Istotą tego podejścia jest stworzenie bezpiecznego miejsca pracy, które nie jest zniszczone poprzez procesy i procedury. Bezpieczeństwo powinno być priorytetem wszystkich działań zachodzących w przedsiębiorstwie. Aby w zakładzie było bezpiecznie, należy regularnie organizować szkolenia i akcje, które przypominają pracownikom o istocie tego filaru.

W strukturze TPM jest również miejsce na **Administrację** i według koncepcji systemu wdrożenie powinno być rozpoczęte po: Autonomicznej Konserwacji, Kaizen, Jakości i Planowej Konserwacji. Podobnie jak w poprzednich obszarach przedsiębiorstwa, głównym celem działań jest podniesienie produktywności, efektywności oraz eliminacja strat. TPM w administracji, to realizacja programu pięciu kroków:

- Czyszczenie i usuwanie nieprawidłowości.
- Usuwanie pomyłek i analiza źródła ich pojawienia się.
- Doskonalenie organizacji dokumentów, w efekcie doprowadzenie do lepszej dostępności i łatwości w poruszaniu się po nich.

- Wprowadzenie standardów, aby realizować procesy bez przeszkód i móc sprawować nad nimi kontrolę.
- Stosowanie samokontroli.

TPM, to narzędzie dzięki któremu dąży się do zaangażowania, ciągłego doskonalenia oraz tworzenia przyjaznego środowiska pracy dla wszystkich członków załogi. Trzeba pamiętać jednak, aby system wdrażać we właściwy sposób, podążając według kroków i przedstawionych koncepcji, bo nawet najlepszy proces niewłaściwie wdrażany, może przynieść odmienne efekty. Najważniejsze jest to, aby pokazać pracownikom, że TPM jest dla nich, a oni są najważniejszym i nieodłącznym czynnikiem funkcjonowania swojego przedsiębiorstwa.

1.3. Wskaźniki TPM.

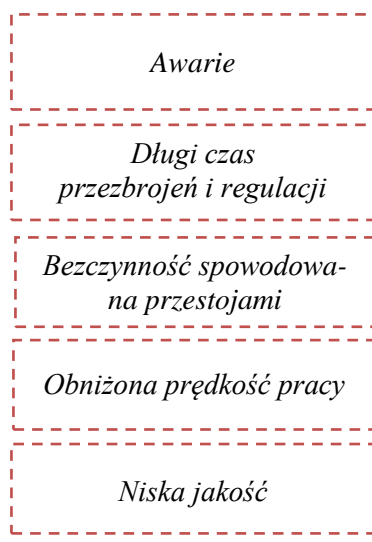
Wskaźnik OEE w TPM służy do pomiaru stopnia efektywności wykorzystania maszyny. Aby wartość OEE osiągała wyższe poziomy, należy wyeliminować sześć podstawowych strat. Sześć podstawowych strat, zgodnie z ideologią TPM, przedstawiono na rys. 20.

Awarie – wyróżniamy dwa rodzaje awarii: podczas gdy maszyna nie działa oraz gdy nie działają pewne funkcje maszyny. Awary powodowane są przez szereg różnych czynników, głównie zaniedbań zarówno ze strony obsługi, jak i utrzymania ruchu. Aby unikać awarii, należy: wykonywać podstawową konserwację, pilnować odpowiednich parametrów pracy maszyny, dbać o jakość wykonywanych napraw, szukać źródeł uszkodzeń, analizować i poprawiać konstrukcję maszyn, wyciągać wnioski i analizować każdą awarię.

Długi czas przebrojeń – czas przebrojenia maszyny, to nic innego jak okres, w którym dana maszyna nie produkuje z powodu wymian narzędzi, oprzyrządowania, oprogramowania, regulacji, testu jakościowego pierwszej produkowanej po zmianie partii itp. Należy indywidualnie podejść do każdej z maszyn i dążyć do maksymalnego skrócenia czasu związanego ze zmianą jej parametrów.

Bezczynność – spowodowana jest przez chwilowe przestoje pracy maszyny, które ze względu na swój krótki okres trwania, są bardzo trudne do przeanalizowania. Aby uniknąć drobnych zatrzymań, należy stosować następujące działania: poznać przyczynę zatrzymania, eliminować nawet te drobne nieprawidłowości, poznać i stosować optymalne parametry pracy maszyny.

Obniżona prędkość pracy – maszyna pracuje wolniej niż powinna, ma to związek z jej nieodpowiednim stanem technicznym oraz niepożądanym działaniem ze strony obsługi. Działania niepożądane ze strony obsługi są efektem czynników: operator wykonuje zadany plan, nie interesują go możliwości maszyny; operator nie działa innowacyjnie, uważa że większa prędkość pracy maszyny nie jest osiągalna, ponieważ uważa, że „*tak było od zawsze*”; operator nie wie jaka jest idealna prędkość pracy maszyny, stosuje prędkość pracy optymalną dla siebie.

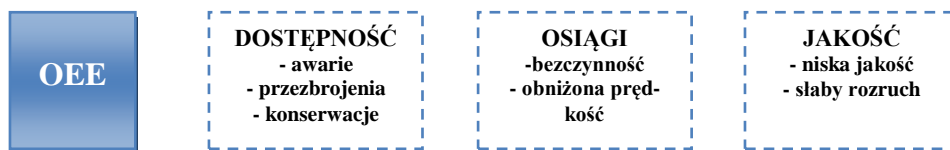


Rys. 4. Sześć podstawowych strat

Niska jakość – to konieczność poprawy źle wykonanych produktów. Strata otrzymana z tego tytułu to koszt wyprodukowania właściwych komponentów oraz czas, podczas którego maszyna X wykorzystuje 0% swoich możliwości realizując działania korygujące.

Zmniejszona wydajność podczas rozruchu – wynika przede wszystkim z niewłaściwej procedury kończenia pracy, co w konsekwencji wiąże się z dużymi trudnościami podczas ponownego uruchomienia maszyny.

Na rys. 5. przedstawiono sposób wyliczenia wskaźnika OEE. Liczony jest on jako iloczyn trzech składowych.



Rys. 5. OEE – sposób obliczenia.

Dostępność [*D*] – jest to procent udziału czasu dostępnego do produkcji po wyłączeniu czasu niezdatności, zarówno tego planowanego jak i nieplanowanego, obliczona jest wg. wzoru (1).

$$D = \frac{t_{db} - (\sum t_{pz} + \sum t_{nz})}{t_{db}} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

t_{db} – czas dostępny (brutto)

t_{pz} – planowany czas niezgodności

t_{nz} – nieplanowany czas niezgodności

Osiągi $[O]$ – procentowy udział wyrobów wyprodukowanych do zakładanej ilości wyrobów wyprodukowanych, przy optymalnie działającej maszynie, obliczona jest wg. wzoru (2).

$$O = \frac{t_{pn} - \sum t_{so}}{t_{pn}} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:

t_{pn} – czas pracy (netto)

t_{so} – czas wszystkich strat związanych z osiąganiami

Czas pracy netto, wyrażony wzorem (3).

$$t_{pn} = t_{db} - (\sum t_{pz} + \sum t_{nz}) \quad (3)$$

Jakość $[Q]$ – parametr ten świadczy o jakości wykonanych wyrobów, obliczony wg wzoru (4).

$$Q = \frac{t_{op} - \sum t_{odp}}{t_{op}} \cdot 100\% \quad (4)$$

gdzie:

t_{op} – operacyjny czas pracy

t_{odp} – czas strat

operacyjny czas pracy, obliczony wg wzoru (5).

$$t_{op} = t_{pn} - \sum t_{so} \quad (5)$$

efektywny czas pracy maszyny, wyrażony wzorem (6).

$$t_{ef} = t_{op} - \sum t_{odp} \quad (6)$$

1.4. OEE na podstawie młyna prętowego MP-12

Wskaźnik OEE wyliczono na podstawie młyna prętowego – produkcyjnego, numer technologiczny MP-12, rejon O/ZWR Rudna. Maszyna jest urządzeniem strategicznym w swoim węźle produkcyjnym, ponieważ determinuje pracę pozostałych urządzeń sekcji pierwszej Oddziału Młynowni w O/ZWR Rudna, co oznacza, że jej zatrzymanie prowadzi do znaczącego ograniczenia produkcji.

Zakładając dobowy plan produkcyjny na poziomie 44 000 t/24h, przy dostępnych 11 sekcjach (12 sekcja w planowym remoncie, wyłączona na ten okres z ruchu), możemy określić, że każda z 11 sekcji generuje 4 000 t/24h przerobionej rudy miedzi.

Dane, zatrzymania w obszarze Dostępności:

- czas dostępny brutto t_{db} = 1440 minut
- planowany przegląd = 60 minut
- awarie = 150 minut
- doładowanie młyna (regulacja) = 60 minut

Wyliczono dostępność:

$$D = \frac{1440 - (60 + 150 + 60)}{1440} \cdot 100\% = 81,25\% \quad (7)$$

Dane, w czasie pracy netto wystąpiły zatrzymania związane z osiągamii:

- przerwa śniadaniowa = 90 minut
- oczekiwanie na transport = 30 minut
- oczekiwanie na zlecenie pracy = 15 minut

Wyliczono wykorzystanie (osiągi):

$$O = \frac{1170 - (30 + 15)}{1170} \cdot 100\% = 96,15\% \quad (8)$$

Dane, w operacyjnym czasie pracy, wystąpiły zatrzymania w obszarze jakości:

- błędy w kontroli jakości – postój związany z zasypaniem przesypu = 30 minut

Obliczeniowa jakość:

$$Q = \frac{1125 - 30}{1125} \cdot 100\% = 97,33 \quad (9)$$

Wartość OEE:

$$OEE = (81,25\% * 96,15\% * 97,33\%) * 100\% = 76\% \quad (10)$$

Przyjmuje się, że zadowalający poziom OEE, to minimum 85%!

Otrzymany wynik, na poziomie 76%, nie jest wynikiem zadowalającym. Rozpatrując wynik jednostkowo, otrzymujemy informację, który ze składników OEE jest na słabym

poziomie. W omawianym przypadku, wyraźnie widać, że Dostępność $[D] = 81,25$, jest tym czynnikiem, na którym należałoby skupić największą uwagę, w tym obszarze występuje problem.

Częste awarie, nieplanowane regulacje maszyn, to faktycznie obecny problem z jakim boryka się Zakład, przed wdrażaniem systemu TPM, (*sytuacja przed wdrożeniem TPM – następny rozdział*).

Warto jednak wspomnieć, że poziom OEE można wyznaczyć na podstawie danych, takich jak: czas dostępny, planowane postoje, awarie, błędy jakościowe itp., pomijając wyliczanie dostępności $[D]$, osiągow $[O]$ oraz jakości $[Q]$.

Zakładany poziom OEE, służy do kontroli sytuacji panującej w obszarze produkcji, dopiero przekroczenie jego dolnej granicy jest sygnałem do poszukiwania problemów w obszarach $[D]$, $[O]$ oraz $[Q]$.

1.5. MTBF oraz MTTR.

MTBF (ang. Mean Time Between Failures), to średni czas pomiędzy awariami. Wskaźnik ten wyrażany w godzinach, określa nam jaki jest czas bezawaryjnej pracy danej maszyny. Należy dążyć, aby MTBF osiągał jak najwyższą wartość.

MTBF ma bardzo istotne znaczenie, bowiem jego wartość, może dostarczyć informacji do właściwego zaplanowania planowej konserwacji, jej częstotliwości, potrzebie wymiany poszczególnych elementów maszyny itp. Aby obliczyć wskaźnik MTBF, należy znać zależność czasowe, jakie występują w obszarze działań UR.

Średni czas pomiędzy awariami, wyrażamy wzorem:

$$MTBF = MTTR + MTF \quad (11)$$

gdzie:

$MTTR$ – średni czas naprawy, wynikający z czasu niezdatności

MTF – średni czas do uszkodzenia, wynikający z czasu zdatności, obliczamy:

$$MTF = \frac{\text{Czas dostęposábrutto} - \text{Czas niezdatności}}{\text{Liczba zdarzeń}} \quad (12)$$

MTTR (ang. Mean Time To Repair), jest to średni czas potrzebny do naprawy maszyny. Wskaźnik ten wyrażany w minutach, daje informację ile czasu potrzebne jest do naprawy urządzenia i w tym akurat przypadku dążyć należy, aby miał on jak najmniejszą wartość. Wiedza o MTTR poszczególnych maszyn, może być pomocna do właściwego zaplanowania czasu związanego z czynnościami w planowej konserwacji.

MTTR obliczamy w następujący sposób:

$$MTTR = \frac{\text{Czas niezdatności}}{\text{Liczba zdarzeń}} \quad (13)$$

gdzie:

Czas niezdatności – to czas, poświęcony na nieplanowane przestoje (awarie),

*Liczba zdarzeń – jest to suma zleceń naprawczych (ang. Emergency Work Order),
Czas dostępności brutto – jest to planowany czas produkcji, odliczając planowe przeglądy.*

1.6. MTBF oraz MTTR, na podstawie młyna prętowego MP-12

Dane:

- okres badany: 10080 minut (7 dni pracy maszyny)
- czas niezdatności: 280 minut, w tym:
 - wymiana wlewu do młyna – 180 minut
 - wymiana śrub wykładzin walczaka młyna – 60 minut
 - wymiana termometru panewki głównej młyna – 40 minut
- liczba zdarzeń: 3

Wyliczono średni czas potrzebny do naprawy maszyny:

$$MTTR = \frac{280}{3} = 93,33 \quad (14)$$

Na podstawie powyższych danych stwierdzono, że średni czas naprawy wynosi 93,99 minut.

Należy przeanalizować proces naprawy i wprowadzić takie czynności, które pozwolą uzyskać większą dostępność badanej maszyny. Wartość wskaźnika MTTR wskazuje czy wprowadzone zmiany, rzeczywiście skróciły czas usunięcia usterki.

Wyliczono średni czas do wystąpienia usterki:

$$MTTF = \frac{10080 - 280}{3} = 3266,66 \quad (15)$$

Wyliczono średni czas pomiędzy awariami:

$$\begin{aligned} MTBF &= 93,33 + 3266,66 \\ MTBF &= 3359,99 \end{aligned} \quad (16)$$

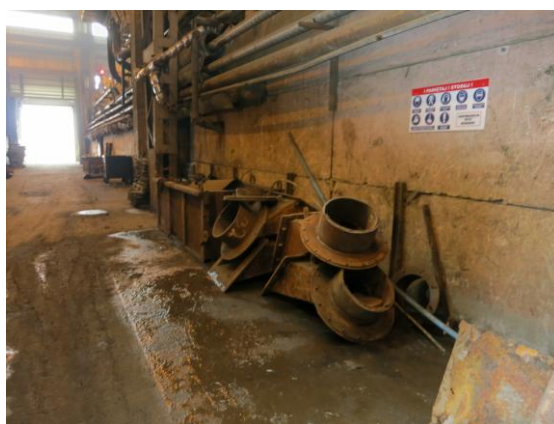
Podsumowując, należy zwrócić uwagę, że wskaźnik MTBF powinno się stosować dla całego urządzenia, następnie na poziomie komponentów oraz kolejno dla poszczególnych przyczyn awarii.

Pierwszym z kroków jakie poczyniono rozpoczynając realizację projektu TPM w O/ZWR, było powołanie zespołów ds. wdrożenia TPM. Zespół składał się z przedstawicieli poszczególnych obszarów oraz branż, tak aby w sposób wielokierunkowy wdrażać w życie określone standardy. Zespół powstał nie tylko w takim celu, powstał przede wszystkim po to, by zgodnie z zasadami TPM oraz filozofii Kaizen, angażować wszystkich pracowników danego przedsiębiorstwa, ponieważ każdy z nich postrzega zakład, na swój sposób, żyje swoimi problemami, posiada wiedzę niezbędną do jego prawidłowego funkcjonowania.

Powołanie zespołów ds. wdrożenia TPM, to nie tylko pierwszy z kroków niezbędnych do realizacji projektu, ale również pierwszy z kroków do zmian organizacyjnych na

szeroką skalę, w strukturach Zakładu. Schemat, panujący w O/ZWR, w którym zarządzanie wewnątrz Oddziału odbywało się tylko i wyłącznie w obszarze produkcyjnym, było niedopuszczalne. Tak naprawdę Szef Oddziału nie miał żadnych kompetencji do tego, aby zarządzać służbami technicznymi, które odgrywają tak ogromną rolę - utrzymują maszyny i urządzenia produkcyjne w sprawności technicznej.

Wprowadzenie zmian organizacyjnych w strukturach służb O/ZWR było zadaniem niezwykle trudnym i trwało przez okres 24 miesięcy. W styczniu 2015 roku, wdrożono w życie nowy schemat organizacyjny, gdzie wydzielono dwa współpracujące ze sobą obszary – obszar produkcyjny i utrzymania ruchu, oraz obszar techniczny.



Rys. 6. Pas komunikacyjny w jednym z Rejonów ZWR – sytuacja przed wdrożeniem TPM.

Jednym z pierwszych obszarów, który wymagał wdrożenia TPM w Zakładach Wzbogacania Rud, było zaplecze produkcji. Modernizacja części warsztatowej oraz magazynowej rozpoczęła się w 2012 roku i trwa do dnia dzisiejszego. Obszar warsztatów i magazynów był tak mocno zaniedbany, że postanowiono część pomieszczeń magazynowych, wyłączyć z użytkowania. Na rys. 6. przedstawiono pas komunikacyjny w hali produkcyjnej jednego z Rejonów ZWR, przed wdrożeniem TPM.

Wyraźnie widać porzucane części maszyn, brak określonych standardów, brak wyznaczonych miejsc, brak opisów. Ogólnie zauważalny nieład i nieporządek.

Nie przypadkiem pokazano przykład pasa komunikacyjnego, właśnie w tym obszarze, w roku 2012, rozpoczęto pierwsze działania związane z wdrożeniem TPM. Prace rozpoczęto od wprowadzenia 5S. Pas komunikacyjny został:

- gruntownie uprzątnięty,
- wyeliminowano wszelkie zbędne elementy,
- wyznaczono pas ruchu,
- wyznaczono miejsca składowania.

Działania 5S/TPM, bardzo szybko przeniosły się w pozostałe miejsca zaplecza produkcji. Miejsca, które wymagały natychmiastowego działania, ze względu na ich wiel-

kość i znaczenie, to warsztaty mechaniczne. Warsztaty, które wynajmowane są przez służby mechaniczne realizujące usługi utrzymania ruchu na rzecz Zakładów Wzbogacania Rud, mowa w tym przypadku o firmach – KGHM Zanam oraz ZUW Urbex.



Rys. 7. Warsztat mechaniczny naprawy pomp i obróbki skrawaniem - KGHM Zanam, przed wdrożeniem TPM

Na rys. 7. przedstawiono sytuację przed wdrożeniem TPM, panującą w warsztacie naprawy pomp i obróbki skrawaniem, firmy zewnętrznej (KGHM Zanam), która realizuje usługi utrzymania ruchu dla ZWR. Wyraźnie widać zaistniałe wówczas nieprawidłowości:

- brak wyznaczonych pasów do poruszania się,
- wszędzie występujące części maszyn,
- brak wyznaczonych i opisanych miejsc składowania poszczególnych elementów,
- kiepska widoczność,
- brak jakiegokolwiek kultury pracy, elementy do regeneracji występują w kilku miejscach na raz,
- miejsce nie nadaje się do bezpiecznego realizowania jakichkolwiek prac.



Rys. 8. Warsztat mechaniczny naprawy pomp i obróbki skrawaniem KGHM Zanam, po wdrożeniu 5S / TPM

Na rys. 8. przedstawiono ten sam omawiany warsztat mechaniczny, po wdrożeniu 5S/TPM. W przedstawionym warsztacie, w ramach TPM:

- przeprowadzono sprzątkowanie oraz selekcję występujących elementów,
- wyznaczono ciągi komunikacyjne,
- przetransportowano maszyny do obróbki skrawaniem i podzielono warsztat na strefy: strefa obróbki skrawaniem oraz strefa naprawy pomp,
- dostosowano maszyny do wymogów BHP,
- oznakowano oraz opisano miejsca składowania remontowanych urządzeń oraz części zamiennych,
- wykonano regały z częściami do remontowanych maszyn, określono stany minimalne tych części oraz opracowano i wdrożono procedurę reagowania na stany minimalne części zamiennych,
- wykonano miejsca i zainwestowano w nowe urządzenia oraz rozwiązania techniczne, umożliwiające bezpieczną oraz sprawną realizację prac mechanicznych,
- wyznaczono standardy panujące w warsztacie,
- w ramach standaryzacji prowadzonych remontów, opracowano szereg instrukcji remontów poszczególnych podzespołów maszyn i urządzeń,
- wyznaczono osoby odpowiedzialne.

Na rys. 9. przedstawiono przykład schematu do instrukcji postępowania w przypadku stwierdzenia stanów minimalnych, w tym przypadku braku narzędzi bądź sprzętu podręcznego:



Rys. 9. Instrukcja reagowania na stany minimalne, opracowana zgodnie z założeniami projektu TPM.

Działania 5S/TPM w bardzo szybkim tempie realizowano w nowych obszarach, które wymagały procesowego podejścia. Kolejnym z takich miejsc był obszar magazynków podręcznych oraz magazynów.

Jednym z najważniejszych obszarów, który wymagał zmian organizacyjnych oraz strukturalnych, to strefa produkcji. Wdrażanie TPM w tym miejscu, rozpoczęto w ostatnim etapie. Można w tym momencie zadać pytanie, dlaczego tak późno, przecież produkcja jest najistotniejsza?

Kultura organizacyjna, mentalność pracowników i niechęć do zmian, to największy problem z jakim spotkano się podczas wdrażania TPM w ZWR. Dlatego też, działania związane z realizacją projektu TPM, rozpoczęto procesowo zaczynając przede wszystkim od szkoleń załogi, zmian organizacyjnych, wdrażania procedur w małych obszarach (pomieszczenia, magazyny, warsztaty). Zachowanie systematyki oraz standaryzacja kolejnych obszarów, pozwoliło na realizację projektu w strefie produkcji, obszarze który wymagał od pracowników jeszcze większego zaangażowania i nabytego doświadczenia. Na tym etapie nie można było pozwolić sobie na niepowodzenia.

Część produkcyjna, podobnie jak inne obszary Zakładów Wzbogacania Rud, to bardzo zaniedbane miejsce. Maszyny i urządzenia produkujące, w większości eksploatowane przez ponad 30-lat, nadają się do gruntownego remontu i modernizacji. Dlatego też na początku wdrażania TPM w obszarze produkcyjnym, system realizowany był w bardzo wąskim zakresie.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z praktycznym wdrażaniem TPM w przedsiębiorstwie. Stwierdzono, że zmiany niechętnie były przyjmowane przez personel i z wielkim trudem osiągnęte były zakładane cele. TPM to proces złożony, który wymaga od pracowników niezwykle zaangażowania, ale przede wszystkim przemiany w każdym, najdrobniejszym obszarze działania.

Realizacja wdrażania systemu TPM w Zakładach Wzbogacania Rud przebiegła poprawnie i sprawnie, założenia zostały osiągnięte. TPM okazał się podstawowym i niezbędnym narzędziem do zarządzania w poszczególnych obszarach Zakładu. Wprowadzone procesy oraz procedury znaczenie uprzywiły funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

Najważniejsze i strategiczne zmiany wprowadzone za sprawą wdrożenia systemu TPM:

- zmiany w strukturze organizacyjnej,
- zmiany w zakresie gospodarki magazynowej,
- zmiany w zakresie nadzoru procesu produkcyjnego,
- zmiany w zakresie nadzoru nad stanem technicznym maszyn i urządzeń,
- poprawa stanu technicznego maszyn i urządzeń bezpośrednio uczestniczących w procesie produkcji,
- poprawa warunków BHP,
- standaryzacja.

Najtrudniejsze bariery do przełamania:

- brak współpracy ze strony pracowników fizycznych,
- brak zaufania i wiary w realizację projektu ze strony kierownictwa średniego szczebla,
- opór liderów bezpośrednio nadzorujących procesy operacyjne (mistrzowie, brygadzistów).

Kluczem do sukcesu, jest pokazanie pracownikom, że to oni są najważniejszą wartością dodaną dla przedsiębiorstwa. Transformacja umysłów personelu, polega na nauce w jaki sposób natychmiastowo i skutecznie wdrażać wymyślone udoskonalenia. Najistotniejsze zatem jest ciągle doskonalenie oraz współpraca całego personelu: pracowników fizycznych, kadry zarządzającej oraz administracji.

LITERATURA

- [1] Monografia KGHM Polska Miedź S.A. – Lubin 2007
- [2] **Seiichi Nakajima**, *TPM Development Program*, Productivity Press, 1989.

- [3] Zarządzanie Jakością, nr1 / 2007.
- [4] **Masaaki Imai**, *Kaizen, klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii*. 2004.
- [5] **Mark R. Hamel**, *Warsztaty Kaizen*, Lean Enterprise Institute Polska.
- [6] **Arai K., Sekine K.**, *TPM for the Lean Factory*, Productivity Press, 1998.

MODELOWANIE PROCESÓW BIZNESOWYCH W ASPEKcie WDROŻENIA SYSTEMU BUSINESS INTELLIGENCE W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

1. WPROWADZENIE

Aplikacje Business Intelligence (BI) są narzędziami informatycznymi, które umożliwiają interaktywny dostęp do raportów przedsiębiorstwa na podstawie ich danych i informacji, zawartych w bazach danych. Użytkownicy takiej technologii mają dostęp do bieżących analiz dotyczących działalności przedsiębiorstwa i dzięki temu otrzymują wsparcie w procesie podejmowania decyzji.

W celu przygotowania projektu wdrożenia systemu BI w przedsiębiorstwie konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy procesów biznesowych, które będzie wspierać proponowana technologia informatyczna. Modelowanie procesów biznesowych umożliwi zidentyfikowanie kluczowych potrzeb firmy w aspekcie wdrożenia systemu informatycznego BI. Zaprezentowanie działalności przedsiębiorstwa w postaci standardowego zapisu w notacji BPMN (ang. Business Process model and Notation) pozwala na zrozumienie działania firmy analitykom, którzy będą wdrażali narzędzie informatyczne BI [3].

W artykule podjęto próbę zdefiniowania mapy procesów biznesowych wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego za pomocą notacji BPMN. Pokazano, na podstawie wybranych procesów biznesowych, zakładane korzyści wynikające z wdrożenia BI. Otrzymane modele pozwoliły na sformułowanie potrzeb firmy w aspekcie wdrożenia narzędzia informatycznego. Dzięki zastosowaniu notacji BPMN otrzymano mapę działań przedsiębiorstwa, które powinny być wspierane przez technologię informatyczną.

W rozdziale drugim zaprezentowano szczegółową charakterystykę narzędzia informatycznego BI. W rozdziale trzecim dokonano identyfikacji procesów biznesowych zachodzących w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym. W rozdziale czwartym pokazano potrzeby firmy w aspekcie wdrożenia BI na opracowanej mapie modeli biznesowych.

2. NARZĘDZIE INFORMATYCZNE BUSINESS INTELLIGENCE

Narzędzia informatyczne Business Intelligence (BI) mają zastosowanie m.in. w aspekcie wspierania podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie poprzez dostarczanie kluczowych

raportów (analiz) zdefiniowanym użytkownikom na podstawie danych i informacji o przedsiębiorstwie. Narzędzia BI opierają się na systemach analizy i przetwarzania danych online, w skrócie OLAP (ang. Online Analytical Processing), czyli oprogramowaniu umożliwiającym analizę wielowymiarową danych biznesowych, poprzez integrację, agregację i odpowiedni sposób prezentacji/wizualizacji różnego rodzaju danych [2].

Głównym zadaniem OLAP jest interaktywna analiza danych zachowanych w wielowymiarowych strukturach, a te z kolei służą do gromadzenia zapisanych wartości pod względem konkretnych cech lub zmiennymi kategoryzującymi. W celu dokonania wielowymiarowej analizy danych i informacji o przedsiębiorstwie za pomocą systemu OLAP należy uwzględnić perspektywę, w jakiej mają być dostępne analizy, klasyfikację i selekcje konkretnych danych i informacji, możliwość wyboru wymiaru analizowanych danych i informacji [1].

Aby zdefiniowany użytkownik w przedsiębiorstwie miał dostęp do wielowymiarowych analiz danych i informacji o przedsiębiorstwie konieczna jest implementacja hurtowni danych. Hurtownie danych pozwalają na dostęp do całościowych historycznych i aktualnych danych i informacji o firmie oraz na ujednoczenie posiadanych informacji i pojęć [2].

Narzędzia BI charakteryzują się również funkcjonalnością jaką jest eksploracja danych (ang. data mining). Główną funkcją data mining jest określanie zależności i prawidłowości w ogromnych zbiorach danych. Dzięki funkcjonalności eksploracji danych użytkownik narzędzia BI ma możliwość analizy zagadnień, które wymagają dokonania analizy porównawczej w wielu aspektach działalności firmy.

Narzędzia BI odgrywają ważną rolę w podejmowaniu decyzji strategicznych w przedsiębiorstwie poprzez tworzenie wielowymiarowych analiz na podstawie danych i informacji źródłowych o firmie [2]. Przedsiębiorstwa produkcyjne, chcąc być konkurencyjne na rynku, dostrzegają obecnie potrzebę implementacji narzędzi BI. Dalsze rozważania w artykule obejmują proces analizy przedwdrożeniowej na przykładzie przedsiębiorstwa produkującego izolacje podłogowe oraz samochodowe instalacje gazowe w aspekcie zaprojektowania mapy procesów biznesowych, w których zostanie usprawniony przepływ danych i informacji dzięki wdrożeniu narzędzia BI.

3. PROCESY BIZNESOWE W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUCYJNYM W NOTACJI BPMN

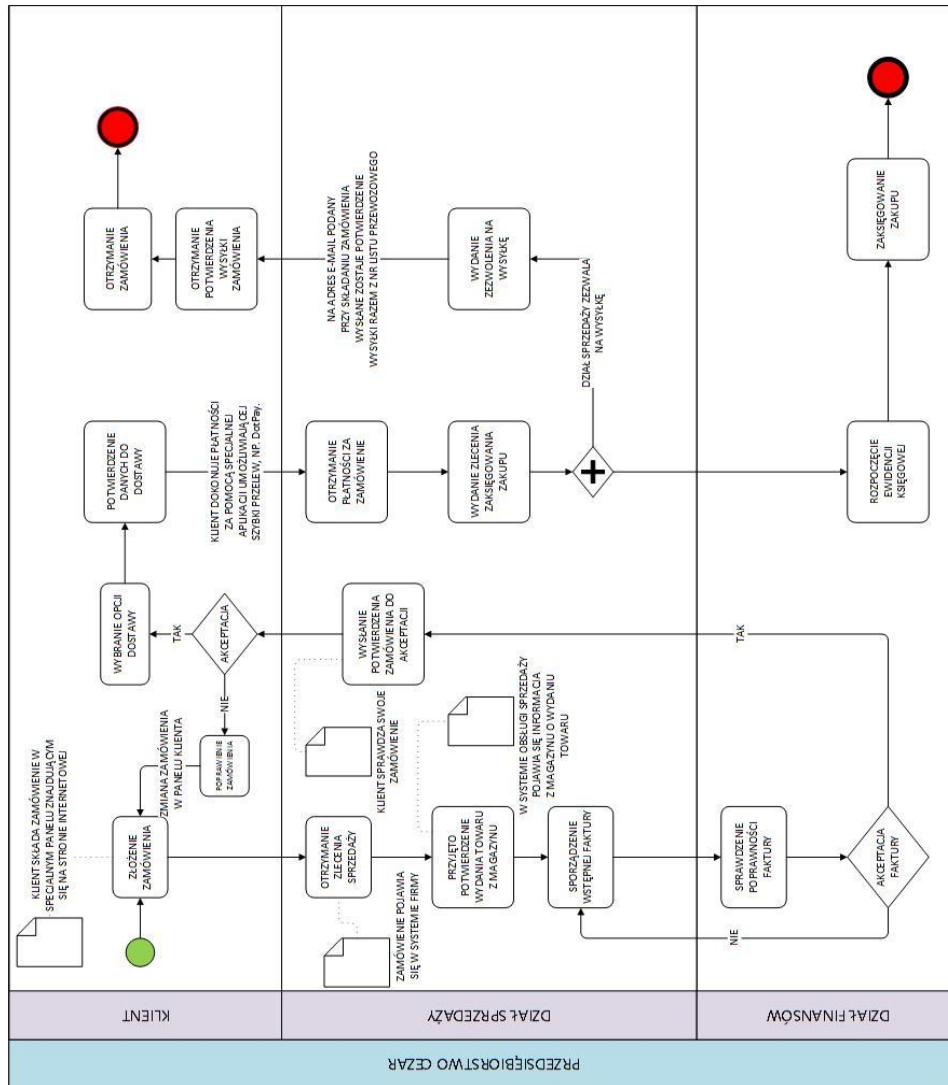
Analizę potrzeb przedsiębiorstwa produkcyjnego w aspekcie wdrożenia narzędzia informatycznego BI przeprowadzono na podstawie wybranych procesów biznesowych zachodzących obecnie w przedsiębiorstwie, biorąc pod uwagę między innymi zarządzanie pracą wykonywaną w dziale produkcji, w magazynach, pracą działu finansowego i controllingu przedsiębiorstwa.

Poniższy model (pp. rys. 1) przedstawia procesy zachodzące podczas realizacji zamówienia złożonego przez klienta. W modelu zaznaczono rozpoczęcie procesu od panelu klienta, składającego zamówienie. Następnie, w obecnym systemie informatycznym Działu Sprzedaży pojawia się zlecenie, przekazane do magazynu, który wydaje towar, a następnie zostanie wysłana informacja zwrotna do Działu Sprzedaży o zrealizowaniu

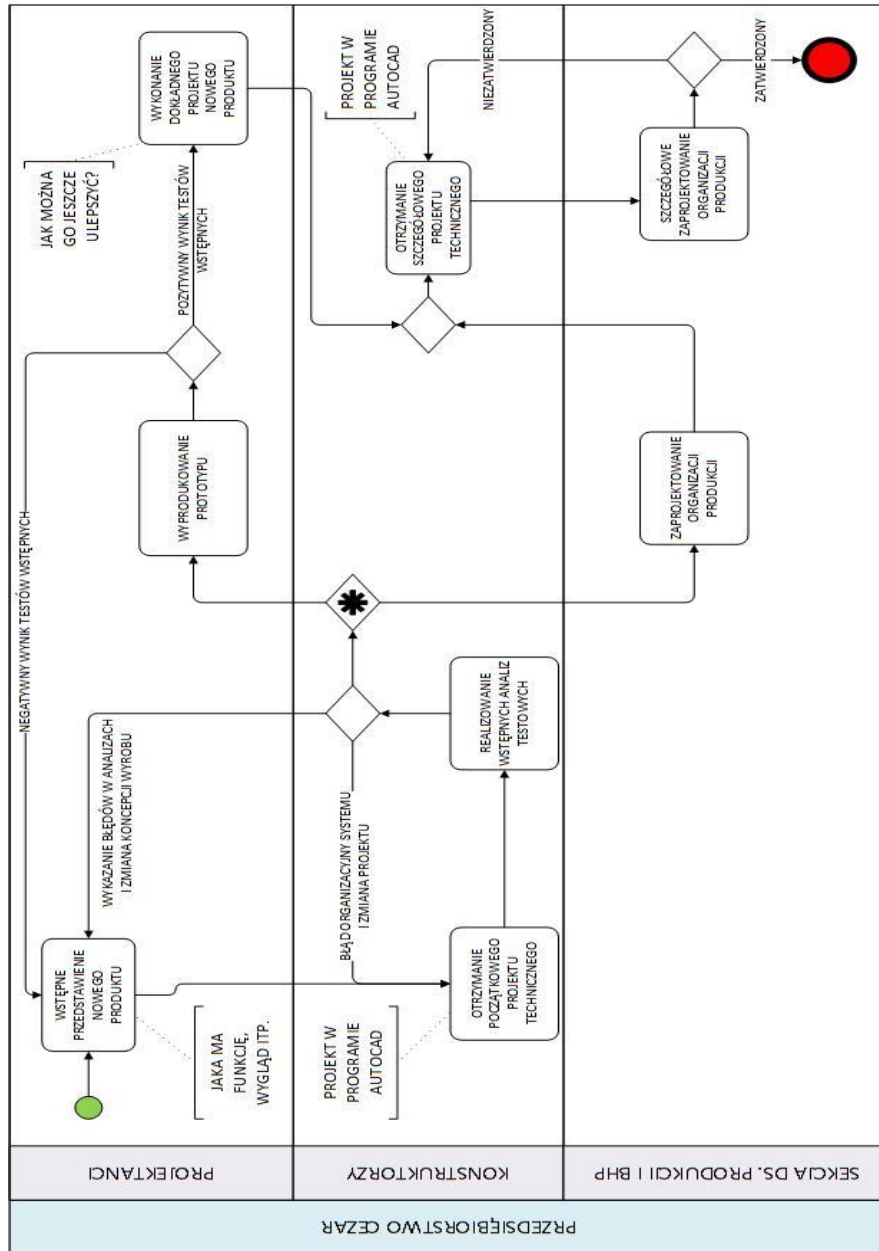
zlecenia. Następuje wstępne podliczenie kosztów zamówienia i sporządzenie faktury za usługę, którą otrzymuje dział finansów i poddaje ją sprawdzeniu. Jeżeli faktura nie zostanie zaakceptowana, trafia ona z powrotem do Działu Sprzedaży, gdzie wykonuje się jej korektę. W momencie kiedy faktura zostaje zaakceptowana przez dział finansowy, klient otrzymuje potwierdzenie zamówienia do zaakceptowania. Klient ma prawo do odrzucenia akceptacji zamówienia, jeżeli zawiera ono błędy. W takim przypadku może on poprawić swoje zamówienie, tak aby było ono prawidłowe. Akceptując swoje zamówienie, klient samodzielnie dokonuje, spośród dostępnych możliwości, wyboru dostawy. Potwierdza swoje dane, potrzebne do wysyłki, a w kolejnym kroku dokonuje płatności, dzięki aplikacji umożliwiającej szybki przelew. Dział Finansowy dostaje zgodę na zaksięgowanie zakupu, a dział sprzedaży wysyła zezwala na wysyłkę. Klient otrzymuje potwierdzenie zrealizowania zamówienia i wysłania go wraz z nr listu przewozowego. Po upływie min. 48 godzin, klient otrzymuje swoje zamówienie.

Kolejny model, przedstawiony na rysunku nr 2, przedstawia proces wprowadzania nowego produktu na rynek, a zatem przepływ danych i informacji pomiędzy działem projektowym, a działem konstrukcyjnym oraz sekcją ds. produkcji i BHP. Proces rozpoczyna się od idei wprowadzenia na rynek nowego produktu i wykonania wstępnego projektu. Po otrzymaniu projektu, dział konstrukcyjny może przystąpić do wstępnych analiz testowych. Jeżeli testy analiz wstępnych są negatywne, projektanci oraz konstruktorzy muszą ponownie przeanalizować funkcjonalności, budowę oraz pozostałe cechy nowego produktu. Jeżeli natomiast wyniki są pozytywne, następuje wyprodukowanie prototypu, który również należy przetestować. Jeżeli prototyp jest zdatny do użytkowania, wykonuje się dokładniejszy projekt produktu, kierując się głównie jego dalszym udoskonaleniem. Dział konstrukcyjny otrzymuje szczegółowy projekt wykonany w programie AutoCad, a dział ds. produkcji i BHP planuje szczegółową organizację produkcji nowego produktu.

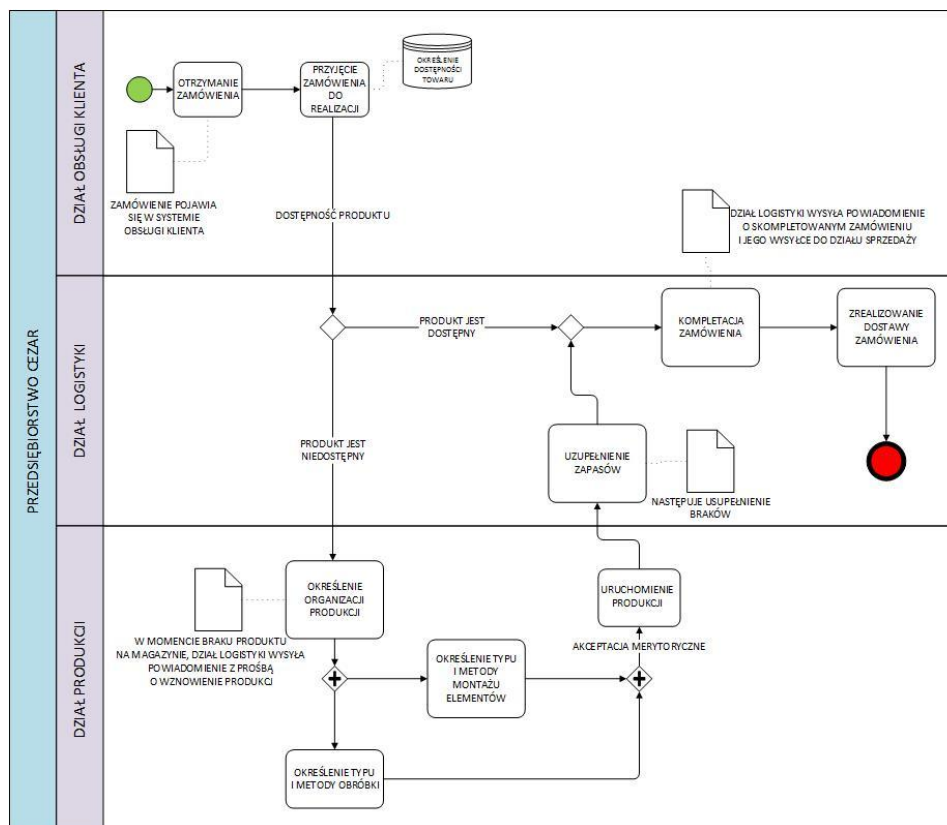
Na kolejnym rysunku (pp. rys. nr 3) pokazano współpracę działu obsługi klienta z działem logistyki oraz z działem produkcji. Schemat rozpoczyna się otrzymaniem zamówienia od klienta, które pokazuje się w systemie firmy. Następnie weryfikuje się dostępność towaru. Gdy produkt jest niedostępny, dział logistyki wysyła prośbę o wznowieniu produkcji do kierownika Działu Produkcji. Tam organizuje się produkcję, dobiera się odpowiednie metody obróbki oraz montażu poszczególnych elementów. Następuje uruchomienie produkcji. Po doprodukowaniu braków, można uzupełnić zapasy i skompletować zamówienie klienta, a dodatkowo dostarczyć je w przewidzianym przedziale czasu.



Rys. 1. Proces realizacji zamówienia złożonego przez klienta w przedsiębiorstwie produkcyjnym w notacji BPMN, opracowanie własne



Rys. 2. Proces wprowadzania nowego produktu na rynek w przedsiębiorstwie produkcyjnym w notacji BPMN, opracowanie własne



Rys. 3. Proces informowania o braku w magazynie w przedsiębiorstwie produkcyjnym w notacji BPMN, opracowanie własne

Na podstawie zbudowanej mapy procesów biznesowych kierownictwo przedsiębiorstwa produkcyjnego dokonało identyfikacji swoich potrzeb w aspekcie wdrożenia narzędzia BI firmy SAS Institute, która zaproponowała system Business Intelligence w postaci rozwiązania SAS 9.4 - Enterprise Intelligence Platform.

4. POTRZEBY PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO W ASPEKcie WDROŻENIA BI W UJĘCIU MAPY PROCESÓW BIZNESOWYCH

Modele procesów biznesowych zachodzących w przedsiębiorstwie (pp. rys. 1, pp. rys.2, pp. rys. 3) poddano ponownej analizie w kontekście graficznej prezentacji potrzeb firmy w aspekcie implementacji narzędzia BI. Nazwy poszczególnych działów firmy zastąpiono nazwami modułów, wchodzących w skład narzędzia BI, a zachodzące procesy poka-

ziano w aspekcie oczekiwanych usprawnień dzięki systemowi SAS 9.4 - Enterprise Intelligence Platform.

Na rys. nr 4 zaprezentowano oczekiwane usprawnienia po wdrożeniu narzędzia BI w procesie realizacji zamówienia złożonego przez klienta w przedsiębiorstwie produkcyjnym (pp. rys. nr 1).

Proces rozpoczyna się od panelu klienta, który składa zamówienie. Po wdrożeniu systemu BI wszystkie zamówienia składane przez klientów przedsiębiorstwa obsługuje moduł Information Delivery Portal [IDP]. Dalszy proces realizacji należy do zadań modułu SAS Data Integration Studio [DIS]. Analizuje on bowiem dane zawarte w zamówieniu, a tym samym automatycznie sprawdza dostępność towaru, generując powiadomienie dla klienta, w przypadku niedostępności towaru. W tym momencie klient może powrócić do panelu składania zamówienia, zmienić je oraz ponownie złożyć lub może też anulować zamówienie i nie składać go w ogóle. System automatycznie zleca zrealizowania zamówienia na magazynie, kiedy towar jest dostępny. Następnie generuje fakturę dla klienta, który za pomocą specjalnej aplikacji dokonuje zapłaty.

Po otrzymaniu należności, zamówienie zostaje przekazane do wysyłki, a dane klienta zapisują się w specjalnej bazie danych. Potwierdzenie doręczenia pojawia się i zapisuje w module IDP.

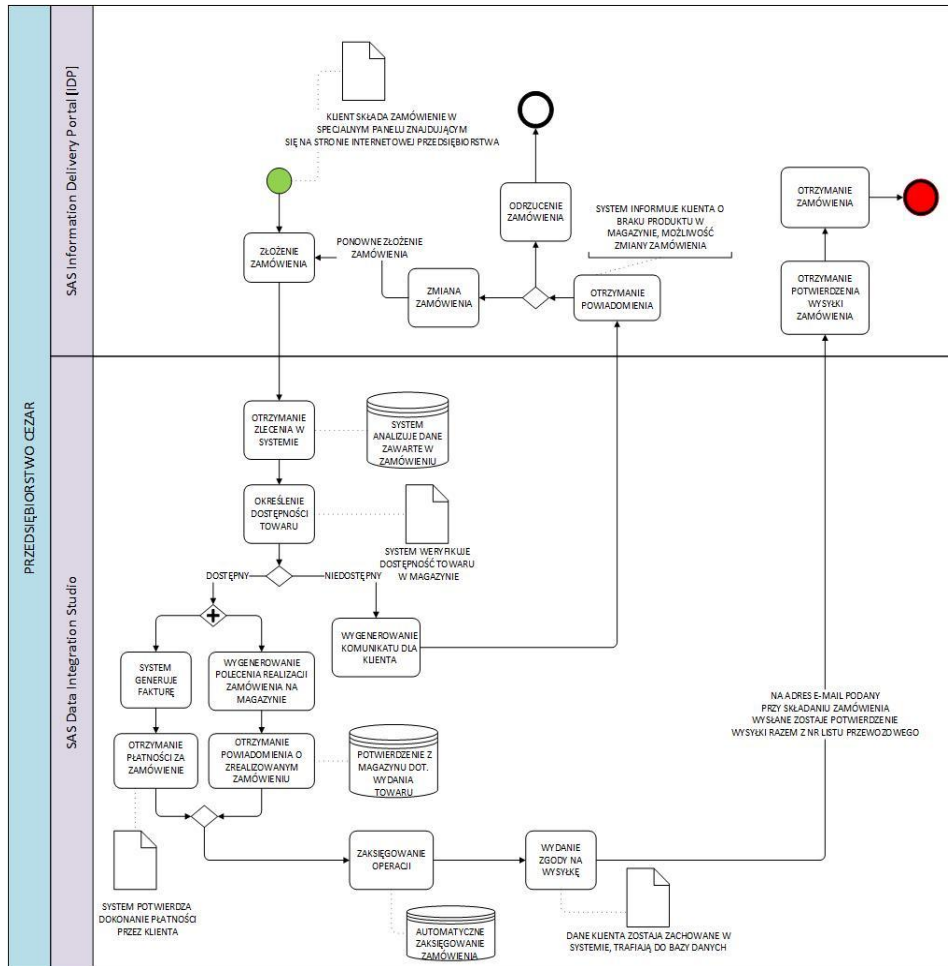
Na rys. nr 5 pokazano usprawniony proces powstawania i realizacji projektu nowego produktu (pp. rys. nr 2) przy wsparciu modułu SAS Data Integration Studio oraz modułu SAS Enterprise Guide [EG].

Proces rozpoczyna się od idei wprowadzenia na rynek nowego produktu i wykonania jego wstępnego projektu. W tym celu prowadzi się analizę produktów, które sprzedają się najlepiej i wyodrębnia się ich cechy. Następnie w panelu modułu EG zleca się wygenerowanie raportu, który potem można zobaczyć w panelu użytkownika w module Data Integration Studio.

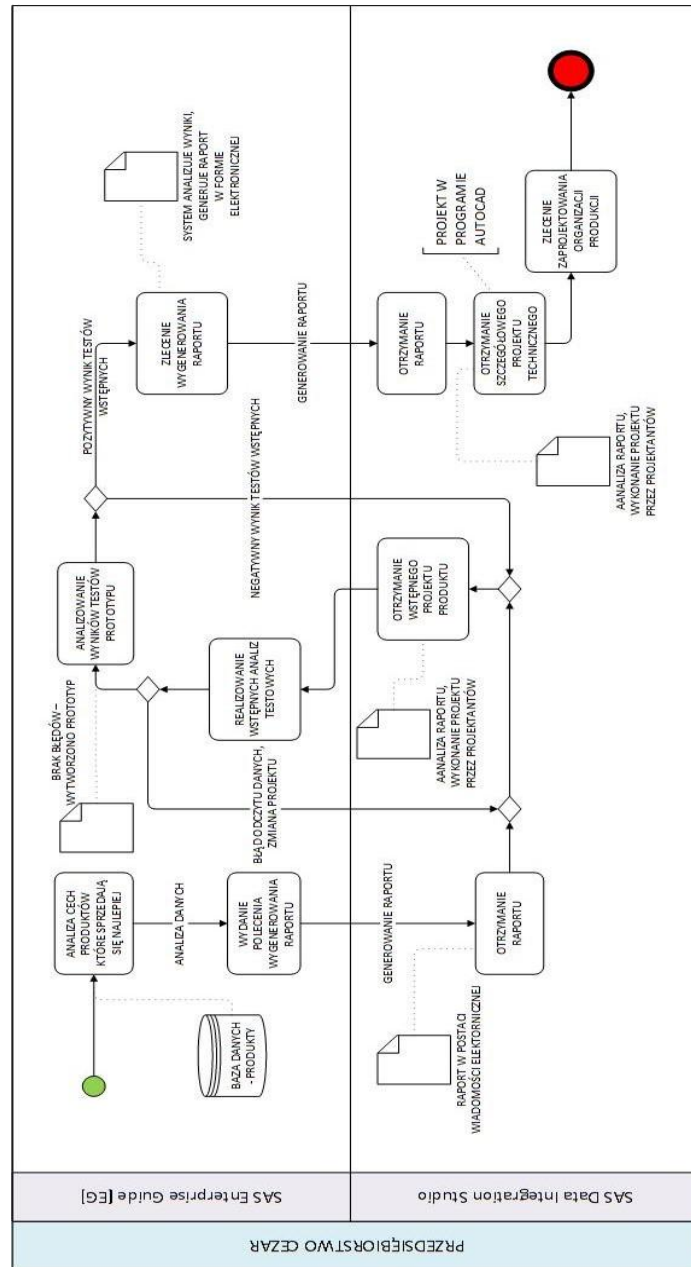
Projektanci analizują raport, w celu wykonania wstępnego projektu, a więc projekt jest dostępny do wglądu w module DIS. Po otrzymaniu projektu, w systemie można przystąpić do wstępnych analiz testowych. Błąd w odczycie danych powoduje zmianę projektu, brak błędów natomiast pozwala na wykonanie prototypu i przetestowaniu go w celu eliminacji słabości.

Jeżeli wyniki są pozytywne, moduł EG generuje kolejny raport, zawierający wszystkie nowe informacje dotyczące produktu.

Raport jest dostępny w module DIS, dzięki czemu projektanci są w stanie zaprojektować szczegółowy i ulepszony produkt. Następnie zleca się zaprojektowanie organizacji produkcji i przystępuje się do realizacji projektu nowego produktu.



Rys. 4. Proces realizacji zamówienia złożonego przez klienta w przedsiębiorstwie produkcyjnym w notacji BPMN po wdrożeniu narzędzia informatycznego BI, opracowanie własne



Rys. 5. Proces wprowadzania nowego produktu na rynek w przedsiębiorstwie produkcyjnym w notacji BPMN po wdrożeniu narzędzia informatycznego BI, opracowanie własne

Na rys. nr 6 zaprezentowano proces informowania o braku w magazynie w przedsiębiorstwie produkcyjnym (pp. rys. nr 3) w ujęciu realizacji zamówienia (pp. rys. nr 6).

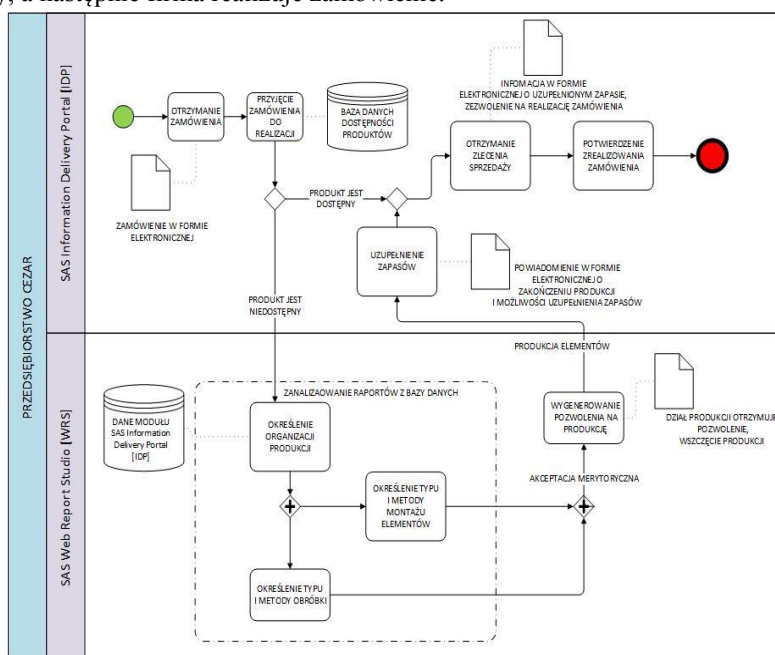
Zamówienie wpływa w formie elektronicznej do systemu CRM, zintegrowanego z modulem IDP. Następnie zostaje ono przyjęte do realizacji. Poprzez analizę bazy danych z produktami dostępnymi system potwierdza lub neguje dostępność artykułów.

W przypadku, kiedy występują braki na stanie magazynu, zakład może w dość szybkim czasie zorganizować produkcję danego wyrobu i uzupełnić zapasy, a przy tym skompletować zamówienie złożone przez klienta.

Przy wsparciu modułu WRS kierownik działu produkcji jest w stanie szybko odnaleźć interesujący go raport oraz plan organizacyjny produkcji określonego elementu. System BI, zaraz po wprowadzeniu odpowiedniego zapytania przez użytkownika, automatycznie przeszukuje bazy danych firmy, a za pomocą dodatkowego modułu SAS Enterprise Guide (EG) dokonuje szybkiej analizy OLAP, w taki sposób, aby użytkownik otrzymał jak najbardziej przejrzyste i łatwe do zrozumienia sprawozdanie.

Po zaakceptowaniu merytorycznym projektu organizacyjnego produkcji detalu, wygenerowane zostaje pozwolenie na produkcję, a następnie zostaje ona uruchomiona.

Po doprodukowaniu braków, uzupełnia się zapasy. Wygenerowane zostaje zlecenie sprzedaży, a następnie firma realizuje zamówienie.



Rys. 6. Proces informowania o braku w magazynie w przedsiębiorstwie produkcyjnym w notacji BPMN po wdrożeniu narzędzia informatycznego BI, opracowanie własne

Dzięki opracowanej mapie procesów biznesowych można w sposób zrozumiały dla dostawców rozwiązań narzędzi informatycznych BI przedstawić potrzeby przedsiębiorstwa w aspekcie oczekiwanych usprawnień działań firmy.

Dzięki modułom takim jak SAS OLAP Cube Studio [OLAP CS], SAS Web OLAP Viewer oraz SAS Enterprise Guide [EG], użytkownicy oczekują, że będą w stanie zaprojektować, stworzyć i zdalnie zarządzać strukturami OLAP, a także zanalizować i przetworzyć dane uzyskane podczas procesu analizy wielowymiarowej danych biznesowych.

5. POSUMOWANIE

Zaprezentowane rozważania na temat modelowania procesów biznesowych w aspekcie wdrożenia narzędzia informatycznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym wskazują na zasadność i użyteczność stosowania notacji BPMN w celu zaprezentowania potrzeb firmy. Mapa procesów biznesowych w notacji BPMN umożliwia w prosty i przejrzysty sposób zrozumienie oczekiwań klienta przez dostawcę rozwiązania informatycznego.

LITERATURA

- [1] **A. Januszewski**, *Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania*. TOM II, Systemy Business Intelligence, PWN, Warszawa 2008.
- [2] **J. Surma**, *Business Intelligence: Systemy wspomagania decyzji biznesowych*, PWN, Warszawa 2009.
- [3] **S.A. White**, *Business Process Modeling Notation*, Business Process Management Initiative (BPMI), 2004.

PORÓWNANIE NARZĘDZI OBRÓBCZYCH MS200M D6.0C ORAZ MS131 D6.0/6.0T W PROCESIE FREZOWANIA MATERIAŁU – LAMINAT HPL

1. WPROWADZENIE

Obecnie obserwuje się dynamiczny rozwój zastosowania tradycyjnych technologii obróbki metalu również do innych materiałów. Wielozadaniowość centrów obróbczych oraz zastosowanie specjalistycznych narzędzi umożliwia coraz częściej pracę z materiałami, które stosowane są w innym przemyśle niż metalowy. Obecnie problem obróbczy skupia się na doborze odpowiedniego zestawu parametrów i czynników umożliwiających sprawne przeprowadzenie procesu dla różnych materiałów. Jednym z istotnych czynników jest dobór odpowiedniego narzędzia/frezu.

Materiałem poddanym badaniu była płytki HPL. Materiał ze względu na swoje korzystne walory szczególnie w zakresie izolacyjności i niskich kosztów produkcji coraz częściej wykorzystywany w budownictwie oraz w branży automotive .

Poniższy artykuł skupia się na porównaniu dwóch narzędzi przeznaczonych do pracy z laminatami z tworzyw sztucznych. Badanie oparto na zastosowaniu podstawowych stałych parametrów. Skupienie się na tych parametrach pozwoliło wyciągnąć istotne z punktu widzenia technologii obróbczej wnioski.

2. CHARAKTERYSTYKA PROCESU OBRÓBCZEGO

Badany proces technologiczny jest jedną z metod technologii ubytkowej. Technologia ta zwana frezowaniem polega na prowadzeniu na specjalnym centrum/maszynie obróbki umożliwiającej wykonanie bardzo szerokiego zakresu operacji. Wielozadaniowość i kompleksowość technologiczna umożliwia oprócz tradycyjnych zastosowań obróbczych również wykonywanie otworów, gwintów oraz kieszeni [1]. Technologia ta zastępuje obecnie procesy obróbcze, które wcześniej wykonywano metodą toczenia, wiercenia lub gwintowania. Często dobór metody frezowania uzależniony jest od typu obrabiarki. Dostępne obecnie centra obróbcze umożliwiają frezowanie czołowe lub walcowo-czołowe. Frezowanie kieszeni może być wykonywane na obrabiarkach 3-osiowych, frezowanie kształtów 3D na frezarkach 4- lub 5-osiowych. rozbudowane funkcje maszyn obróbczych umożliwiają nakładanie i zachodzenie na siebie zakresów wykonywanych czynności i tak np. nowoczesne centra tokarskie umożliwiają frezowanie, a na centrach frezarskich można dokonywać toczenia [1]. Proces technologiczny odbywa się z uży-

ciem specjalnych narzędzi obróbczych. Do frezowania precyzyjnego wykorzystuje się głowice frezowych z ostrzami z węglików spiekanych lub ostrzami diamentowymi, przy odpowiedniej dla danego materiału prędkości skrawania (dla żeliwa do 250 m/min, dla aluminium 3000–4000 m/min), z zachowaniem odpowiedniego posuwu, które na jedno ostrze wynosi 5–10 mm. Metoda ta pozwala na osiągnięcie dokładności wykonania w 8-7 klasie oraz chropowatości powierzchni $Ra = 1,25-0,63 Pm$ [1].

Utrudnienia w procesie technologicznym pojawiają się wraz ze wzrostem wymagań opisanych w specyfikacji, czyli np. materiał z jakiego jest wykonany materiał, złożoność detalu, rodzaj dokonywanych procesów (mikrofrezowanie) czy szybkość realizacji.

Na przebieg procesu frezowania mają wpływ liczne parametry, które mają wpływ na jakość wykonywanych produktów. Jednym z parametrów, który ma szczególnie wpływ na proces to drgania. Właśnie drgania, w tym drgania samowzbudne (pochodzące z regeneracji śladu oraz tarcia narzędzia o przedmiot obrabiany), występujące podczas procesu obróbki wpływają negatywnie na jakość obrabianych powierzchni oraz trwałość narzędzia. [7]

Kolejnym istotnym wyzwaniem staje się dobór odpowiedniego narzędzia obróbczego do rodzaju obrabianego materiału. Ma to szczególnie wpływ gdy materiał, który jest poddawany obróbce jest materiałem niehomogenicznym, składającym się z warstwy wierzchniej (laminat, powłoka lakiernicza) oraz warstwy wierzchniej (metal, drewno, tworzywo sztuczne). Wynikają z tego określone problemy, dotyczące optymalizacji parametrów, w celu zapewnienia wymaganej chropowatości powierzchni oraz uzyskania akceptowalnej powierzchniowej wydajności obróbki [5] [6].

3. METODOLOGIA PROWADZONYCH BADAŃ

Dobór technologii obróbki ubytkowej wymaga od realizatora procesu technologicznego [1]:

- znajomości rodzajów, metod i sposobów obróbki,
- doboru parametrów obróbki i możliwych do uzyskania parametrów stanu powierzchni i klasy dokładności obróbek przy zastosowaniu danej metody i sposobu obróbki,
- znajomości zasad doboru i właściwości materiału przeznaczonego do obróbki, a także zachowania się materiału w trakcie obróbki,
- znajomości zasad doboru narzędzi i opravek oraz zasad doboru obrabiarek,
- wiedzy o wpływie parametrów obróbki (prędkości, posuwu, głębokości skrawania) na trwałość narzędzia i stan warstwy powierzchniowej przedmiotu po obróbce,
- dokładności nastawienia obrabiarki – położenia narzędzia w stosunku do bazy obrabianego przedmiotu,
- doświadczenia i umiejętności wykonującego,
- znajomości zasad doboru wyposażenia produkcyjnego i materiałów pomocniczych, bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń oraz wydajności procesu,
- oceny czasu realizacji procesu i kosztów jednostkowych wykonania wyrobu.

W przedstawionym badaniu obrabiano elementy wykonane z materiału laminowanego jakim jest płyta HPL. Płyty HPL (z ang. High Pressure Laminat) to zgodny z normą EN 438 wysokociśnieniowy duroplastyczny laminat. Rdzeń laminatu wykonany jest z warstw papierów nasączonych żywicami poliuretanowo-akrylową, natomiast warstwy zewnętrzne papieru obrazujące wzory dekoracyjne nasączone są żywicami melaminowymi. Dodatkowo do zabezpieczenia płyt HPL przed uszkodzeniami stosuje się impregnowany papier osłonowy przezroczysty (overlay). Warstwy papieru nasączone żywicą poddawane są naciskowi prasy w warunkach wysokiego ciśnienia oraz temperatury. Płyty HPL posiadają wiele zalet między innymi wysoką odporność na ścieranie, odporność termiczną, chemiczną oraz mechaniczną, bardzo dobre właściwości obróbcze (cięcie, wiercenie, struganie, frezowanie, klejenie)[2]. Dzięki bardzo dobrym właściwościom, a także możliwości wykonania w dowolnej wersji kolorystycznej oraz bogatej palecie wzorów, wykorzystywane są z zewnątrz budynków jak i wewnątrz[3]. Najczęściej znajdują zastosowanie w branży budowlanej: dekoracje budynków, zabudowy balonów, podbitki dachowe, w przemyśle meblowym: blaty, meble kuchenne, okładziny ścienne, ścianki działowe, a także w branży motoryzacyjnej: autobusy, pociągi jako elementy wygłuszające oraz ozdobne[4].

4. OPIS BADAŃ

Celem badania było porównanie dwóch frezów, które przeznaczone są do pracy obróbczej z tworzywem sztucznym. Ocenie poddana została jakość wierzchniej części laminatu, którym pokryty był przedmiot badań, w procesie obróbczym.

W celu poprawy jakości wykonania obrabianych detali zastosowano następujące sposoby minimalizacji błędów obróbki:

- optymalizacja strategii obróbki,
- optymalizacja parametrów skrawania (f_z oraz a_e) z uwagi na minimalizację składowe siły skrawania, prostopadłej do frezowanej ścianki. [8]

Badania zostały wykonane na 5-osiowej frezarce CNC typu DMU70 firmy DMG Mori Deckel Maho z układem sterownia SINUMERIK 840D (rys. 1).



Rys. 1. Frezarka CNC 5-osiowa typu DMU70 firmy DMG Mori Deckel Maho z układem sterownia SINUMERIK 840D

Jako narzędzie zastosowano frezy 3-strzowy MS131 d6.0/6.0t (rys. 2) firmy Speed Tiger oraz frez 2 ostrzowy MS200M d6.0c typu „jeź” (rys. 3) firmy Cerin.



Rys. 2. Frez MS131 D6.0/6.0T



Rys. 3. Frez MS200M D6.0C

Przedmiot obrabiany zamocowany został w imadło precyzyjne Rapid vice firmy Homge Machinery (rys. 4).



Rys. 4. Imadło precyzyjne Rapid vice firmy Homge Machinery

Uchwyt do frezu na tuleje zaciskowe ER (rys. 5), o tulejach zgodnych z normą DIN6499.



Rys. 5. Uchwyt do frezu na tuleje zaciskowe ER

Przedmiot testowy stanowiły płytki HPL o wymiarach 233 x 84mm i grubości 12mm. W płytkach tych wykonywane zostały czopy o wymiarze $\varnothing 16$ oraz wysokości 5,5mm. Na jednej płytce zaprojektowano i rozmieszczono 28 czopów (4 rzędy po 7 sztuk). Zagłębienie na 5,5mm przez frez w materiał a następnie frezowanie współbieżne na jedno przejście.

Proces obróbczy następował od lewej strony do prawej rozpoczynając od czopów znajdujących się od dołu płytki. Istotą przedstawionego badania była ocena jakościowa powierzchni wierzchniej obrabianego laminatu HPL.

5. ANALIZA WYNIKÓW

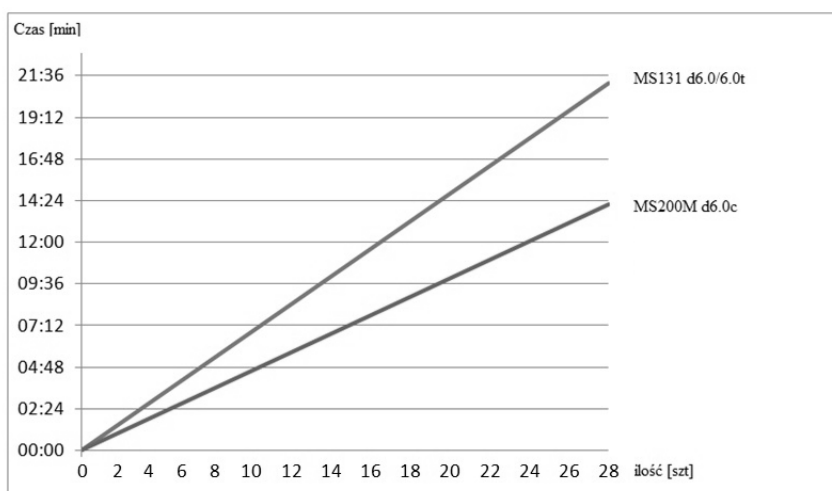
Pomiar wyników porównawczych przeprowadzono w warunkach obojętnych, z zastosowaniem identycznych parametrów dla obu badanych frezów. W tabeli nr 1 znajdują się parametry określone w badaniu.

Tab. 1. Porównanie zastosowanych parametrów obróbczych

Nazwa frezu	Stała prędkość skrawania [m/min]	Obroty wrzeciona [obr/min]	Posuw [mm/ząb]
MS131 d6.0/6.0t	35	1857	0,03
MS200M d6.0c	35	1857	0,03

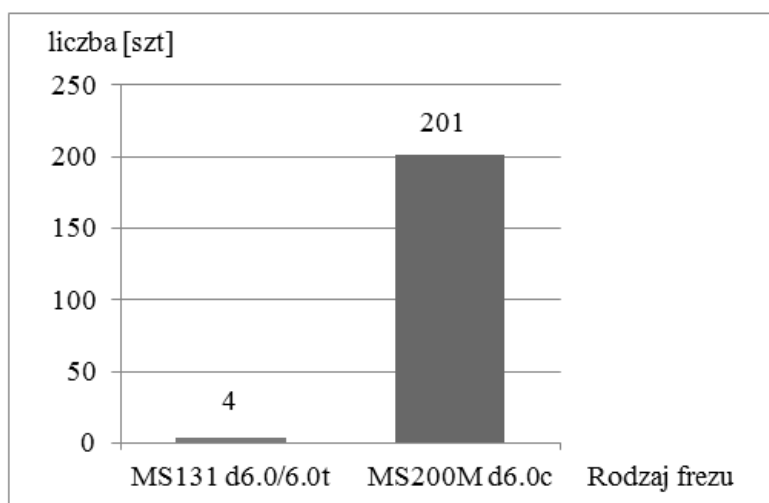
Proces porównania oparto na jakości wykonanych w procesie obróbczym produktów przy zastosowaniu tych samych parametrów technologicznych.

Frez MS200M d6.0c wykazywał szybszy czas wykonania zadania przy zachowaniu stałej prędkości skrawania (rys. 6).



Rys. 6. Wykres symulacji czasu do wykonania 1 płytki – 28 czopów

Jednak kluczowym wynikiem jest zbadanie jakości wykonanych w procesie czopów. Wyniki jakościowe są zdecydowanie bardziej korzystne przy użyciu frezu MS131 d6.0/6.0t. Zastosowanie tego frezu umożliwiło wykonanie, z zachowaniem stałej jakości, 201 czopów (ponad 7 płytek), natomiast stosując frez MS200M d6.0c wykonano jedynie 4 czopy (z 28 znajdujących się na płytce) spełniające normy jakościowe co przedstawiono na rys. 7. Powierzchnia wierzchnia narzędzia MS200M d6.0c, w krótkim czasie została stępiona przez laminat co skutkowało pojawieniem się odprysków. Porównanie zużytych frezów przedstawia rys. 8 oraz rys. 9.



Rys. 7. Zestawienie ilości wykonanych czopów dla poszczególnego frezu



Rys. 8. Frez MS131 d6.0/6.0t

Rys. 9. Frez MS200M d6.0c

W dalszej części procesu obróbczego również znacznym zniszczeniem płytki. Poniżej przedstawiono porównanie wykonanej pierwszej płytki dla frezu MS131 d6.0/6.0t rys.10 oraz dla frezu MS200M d6.0c rys. 11.



Rys.10 Płytki wykonane przez frez MS131 d6.0/6.0t



Rys. 11 Płytki wykonane przez frez MS200M d6.0c

6. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można zauważyć znaczną różnicę w jakości rozpatrywanych dwóch narzędzi obróbczych. Analiza podstawowych czynników mających wpływ na jakość procesu i jego wynik jednoznacznie wskazują na stosowanie do tego typu materiałów obrabialnych narzędzia MS200M d6.0c, którego właściwości znacznie lepiej sprawdzają się przy pracy z laminatem typu HPL.

7. LITERATURA

- [1] **Grzelak K., Kowalczyk S.**, *Organizacja procesów obróbki i montażu części maszyn i urządzeń*, WSiP, Warszawa, 2014.
- [2] <http://www.laminart.pl/oferta/strona/co-to-jest-laminat-hpl,24>
- [3] <http://www.pfleiderer.pl/laminaty-hpl>
- [4] http://www.tuplex.pl/produkt,51,Plyty_HPL
- [5] **Kacalak W., Makuch S., Bałasz B., Cincio R.**, *The Simulation of Polishing Processes as Basis for Designing New Grinding Tools*, Industrial Simulation Conference 2004, Malaga, Hiszpania, str. 61-65
- [6] **Lipiński D., Kacalak W., Krzyżyński T.:** *On the Hybrid System of Complex Diagnosis of Machining Processes*, Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks, Volume 12, New York 2002, pp. 951-957.
- [7] **Matuszak M.**, *Charakterystyka systemów pomiarowych do badań parametrów dynamicznych procesu mikrofrezowania*, Automatyka, Tom 15, Zeszyt 2, 2011.
- [8] **Zębala W.**, *Minimalizacja błędów obróbki przedmiotów cienkościennych*, Inżynieria Maszyn, R. 15, z. 3, 2010

PROCES ZARZĄDZANIA INNOWACJAMI PRODUKTOWYMI I TECHNOLOGICZNYMI W POLSKICH PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH – ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ PILOTAŻOWYCH

1. WPROWADZENIE

Konkurencyjność polskich przedsiębiorstw w najbliższych latach zależeć będzie w dużym stopniu od poziomu ich innowacyjności. Przedsiębiorstwa realizują strategię zarządzania innowacjami na różne sposoby. Jednym ze sposobów dojścia do innowacji jest sieciowanie przedsiębiorstw. Rozwijane są obecnie rynki innowacji, gdzie firmy współpracują ze sobą i z klientami w ramach organizacji sieciowej. W procesach tych zachodzą efekty synergiczne w zakresie wykorzystania i rozwoju wiedzy oraz wzrostu wartości kapitału intelektualnego partnerów organizacji sieciowej [Dolińska, 2006]. Innym sposobem jest identyfikacja determinant mających bezpośredni wpływ na realizację innowacyjnego projektu.

Celem artykułu jest analiza wyników badań pilotażowych przeprowadzonych wśród polskich przedsiębiorstw produkcyjnych w zakresie procesu zarządzania innowacjami produktowymi i technologicznymi, czynników mających wpływ na podejmowanie decyzji o inwestowaniu we wskazane innowacje, zdolności do integracji i działania w ramach sieci współpracujących przedsiębiorstw oraz wykorzystania narzędzi do wspomaganie wymiany wiedzy w celu tworzenia innowacji produktowych i technologicznych. Badania te miały na celu zdiagnozowanie poziomu wiedzy przedsiębiorców na temat innowacji.

2. INNOWACJE

Joseph Schumpeter, prekursor badań nad zagadnieniami innowacyjności, twierdził, że przedsiębiorcy będą dążyć do innowacji technologicznej, poszukiwania nowych wyrobów i usług lub technologii produkcyjnych w celu zdobycia przewagi strategicznej [Besant, Tidd, 2013]. Zgodnie z powyższym założeniem postępują zakłady produkcyjne które, podejmują próby zmiany swojego wizerunku poprzez innowacyjne sposoby dystrybucji czy promocji [Jurczyk-Buńkowska, Kucińska-Landwójtowicz, 2013]. Innowacyjność jest dla nich sposobem na utrzymanie się firmy na rynku i uchronienie się przed upadkiem. Innowacje można określić jako swoisty cykl, w którym w pierwszym etapie

inwestycje w innowacje dają przedsiębiorstwu przewagę. Rezultat pracy przedsiębiorstwa, które podjęło ryzyko inwestycji w innowacyjny projekt może się okazać jedyną innowacją w danym obszarze, a więc również szansą na duże pieniądze dla przedsiębiorcy, co Schumpeter określa jako profity monopolisty [Bessant, Tidd, 2013]. Cykl jednak nie kończy się na tym etapie i rozwija się dalej - osiągnięcie zostaje zauważone przez innych i oni rozpoczynają pracę nad powieleniem pierwotnego pomysłu aż w efekcie pojawia się kolejna innowacja, co prowadzi do przejęcia części profitów monopolisty, aż do stanu jakiejś specyficznej równowagi [Bessant, Tidd, 2013].

Najbardziej znany jest podział na innowacje: procesową/technologiczną, produktową, marketingową i organizacyjną [Oslo Manual, 2005], [Drucker, 1999]. Jednak literatura przedmiotu dzieli innowacje również według innych jej cech. Analizując rodzaje innowacji można skupić się na ich znaczeniu dla organizacji. To podejście wyróżnia innowacje przyrostowe (ang. incremental innovations) oraz radykalne (ang. radical innovations) [Perez-Bustamante, 1999]. Pierwsze z pojęć odnosi się do innowacji, które powstają w wyniku usprawniania procesów produkcyjnych lub komercyjnych. W związku z tym, że zwykle są one tworzone krok po kroku, ich charakter jest mniej rewolucyjny niż w przypadku innowacji radykalnych [Zięba, Oster, 2011]. Przykładem obrazującym działanie innowacji przyrostowej jest rozwój procesora - od 4 megabitów na sekundę do 1 gigabita [Zięba, Oster, 2011]. Innowacje radykalne polegają na stworzeniu całkowicie nowych produktów lub procesów, które całkowicie zmieniają tradycyjne funkcjonowanie rynku oraz pozycje firmy względem konkurencji. Przykładami takich innowacji były swego czasu telefon komórkowy czy aparat cyfrowy [Hagenhoff, 2008]. Kolejny podział, który określa strategię i modelowe podejście do innowacji, to podział na innowacje defensywne i ofensywne [Perez-Bustamante, 1999]. Pierwsza z nich opiera się na informacjach na temat pozycji konkurencyjnej i potrzeb rynkowych, drugi rodzaj powstaje na podstawie informacji o naukowych i technologicznych odkryciach, w celu zajęcia korzystnej pozycji konkurencyjnej na rynku [Zięba, Oster, 2011].

Analizując definicję innowacyjności, za najważniejszy czynnik charakteryzujący to pojęcie można uznać nowość (np. produkt, proces, strukturę, procedurę), przynoszącą istotne zmiany w skali przedsiębiorstwa, lokalnego rynku czy też całego sektora [Zięba, Oster, 2011].

3. ZASTOSOWANE METODY BADAWCZE

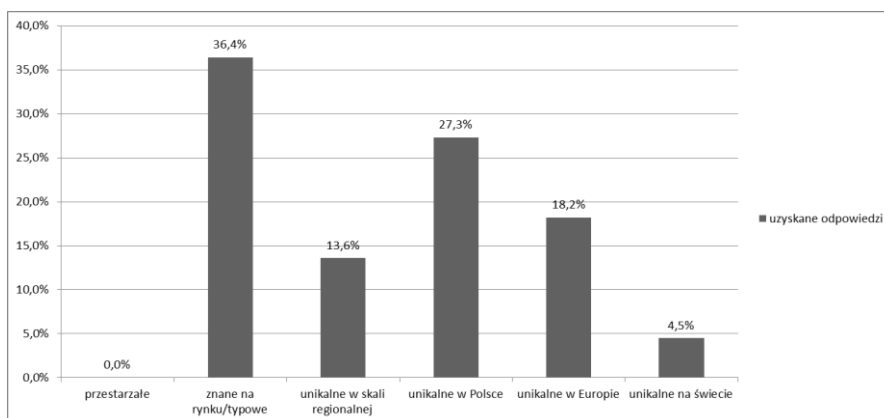
W artykule została wykorzystana metoda sondażu diagnostycznego, zwana również w literaturze przedmiotu sondażem ankietowym lub sondażem na grupie reprezentatywnej. Metoda ta pozwala na „gromadzenia wiedzy o atrybutach strukturalnych i funkcjonalnych oraz dynamice zjawisk społecznych, opiniach i poglądach wybranych zbiorowości, nasilaniu się i kierunkach rozwoju określonych zjawisk i wszelkich innych zjawisk instytucjonalnie niezlokalizowanych w oparciu o specjalnie dobraną grupę reprezentującą populację generalną, w której badane zjawisko występuje” [Pilch, Bauman, 2001], [Przygońska, 2015]. Celem metody jest zbieranie wiedzy na temat cech i dynamiki zjawisk społecznych, opinii i poglądów określonej grupy np. osób lub przedsiębiorców [Przygońska, 2015]. Jedną z technik wykorzystywanych w opisywanej metodzie

jest ankieta. W literaturze przedmiotu przyjmuje się, że ankieta jest to szczególny przypadek wywiadu. Jest techniką zbierania informacji, która polega na wypełnianiu w sposób samodzielny przez badanego odpowiednich kwestionariuszy. Arkusze te zawierają specjalnie określony zestaw pytań, na które osoba badana powinna udzielić odpowiedzi [Przygońska, 2015]. Zgodnie z definicją T. Plicha ankieta innymi słowy jest to: „zestaw pytań, zbudowany według specjalnych zasad” [Plich, 1977].

Dla celów badań utworzony został kwestionariusz ankiety rozesłany do grupy 22 respondentów, reprezentujących firmy o różnej wielkości, które zaliczają się do przedsiębiorstw produkcyjnych z branży odlewniczej, morskiej, konstrukcyjno-projektowej, metalowej, elektronicznej oraz automotive. Ankieta zawierała 11 pytań zamkniętych, podzielonych na 6 grup tematycznych oraz metryczkę w której ankietowani określali wielkość firmy, w której pracują oraz branżę. Pytania w kwestionariuszu dotyczyły procesu zarządzania innowacjami produktowymi i technologicznymi w przedsiębiorstwie, czynników mających wpływ na podejmowanie decyzji o inwestowaniu we wskazane innowacje, zdolności do integracji i działania w ramach sieci współpracujących przedsiębiorstw oraz wykorzystania narzędzi do wspomaganie wymiany wiedzy w celu tworzenia innowacji produktowych i technologicznych. Ankieta była przeprowadzona w sposób anonimowy.

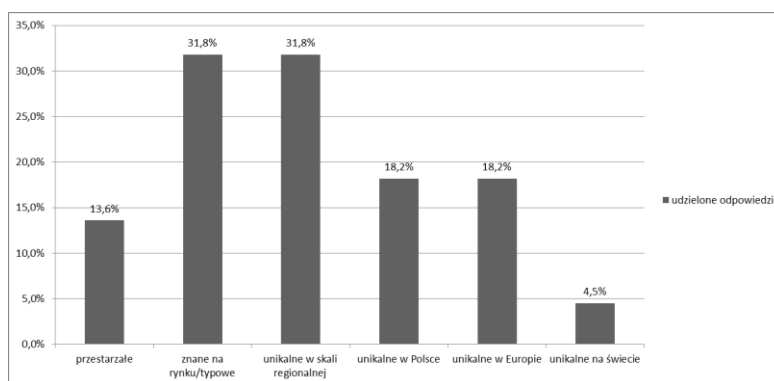
4. WYNIKI I ANALIZA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W miesiącu listopadzie i grudniu 2015 r. zostało wykonane pilotażowe badanie ankietowe wśród 22 przedsiębiorstw produkcyjnych z obszaru zachodniej Polski. Odpowiedzi udzieliło łącznie 31,8% – mikroprzedsiębiorstw, 31,8% – małych przedsiębiorstw oraz 36,4% – średnich przedsiębiorstw. W badanej grupie przedsiębiorstw 4,5% określiło swoją firmę jako nieinnowacyjną, 9,1% jako mało innowacyjną, 44,5% jako średnio innowacyjną, 31,8% jako innowacyjną oraz 9,1% jako wysoko innowacyjną. W grupie ankietowanych 27,3% przedsiębiorców oceniło poziom nowoczesności wytwarzanych przez siebie wyrobów oraz świadczonych usług jako unikalne w Polsce oraz 22,7% jako unikalne w skali Europy i świata (Rys. 1). W przypadku oceny poziomu nowoczesności posiadanych technologii w przedsiębiorstwie, 31,8% respondentów określiło je jako niepowtarzalne w skali kraju ale aż 13,6% odpowiedziało, że dysponuje w przedsiębiorstwie przestarzałą technologią (Rys. 2).



Rys. 1. Liczba przedsiębiorstw, która oceniła poziom nowoczesności wytwarzanych przez siebie wyrobów / świadczonych usług wg zaproponowanej skali. Źródło: opracowanie własne

Analiza wyników badań wykazała, że niektóre przedsiębiorstwa, które zostały ocenione jako wysoko innowacyjne w ciągu roku opracowywały średnio tylko 5 prototypów i sprzedawały 2 licencje na swoje wyroby. Firmy które określono jako średnio innowacyjne podały, że rocznie opracowują średnio 150 nowych produktów. W przypadku pytania dotyczącego technologii zarówno w pierwszym jak i drugim opisanym przypadku, firmy wskazywały średnio 4 technologie opracowane przez dane przedsiębiorstwa oraz niespełna 3 zakupywane od zewnętrznych dostawców. Opisane przedsiębiorstwa przeznaczały przy tym średnio 11,25% przychodów na działalność badawczo-rozwojową. Z przedstawionych danych wynika, że badane przedsiębiorstwa przede wszystkim bazują na własnych zasobach wiedzy i ich głównym celem jest wytworzenie własnego produktu oraz technologii.



Rys. 2. Liczba przedsiębiorstw, która oceniła poziom nowoczesności posiadanych technologii wg zaproponowanej skali. Źródło: opracowanie własne

Analiza współczynników korelacji r-Pearsona potwierdziła założenie autorów artykułu, że poziom innowacyjności badanego przedsiębiorstwa zależy od nakładów poniesionych na działalność badawczo-rozwojową, jednak nie zawsze zależy od liczby nowych wytwarzanych produktów oraz technologii. Analiza ta wykazała również, że poziom innowacyjności firmy jest umiarkowanie zależny od liczby realizowanych projektów badawczo-rozwojowych ze szczególnym uwzględnieniem projektów B+R prowadzonych we współpracy z uczelniami wyższymi.

Tab. 1. Przedsiębiorstwa i realizowane projekty badawczo-rozwojowe we współpracy z uczelniami wyższymi. Źródło: opracowanie własne

Liczba przedsiębiorstw, które udzieliły daną odpowiedź	Liczba realizowanych projektów badawczo-rozwojowych we współpracy z uczelniami wyższymi
5	2
3	1
9	0
1	6
4	4

Tab. 2. Przedsiębiorstwa i realizowane projekty badawczo-rozwojowe Źródło: opracowanie własne

Liczba przedsiębiorstw, które udzieliły daną odpowiedź	Ogólna liczba realizowanych projektów badawczo-rozwojowych
1	3
4	2
4	1
7	0
2	8
2	17
2	10

Wśród respondentów aż 63,6% przedsiębiorstw posiadało wdrożony system ERP, z czego ponad 50% firm rejestrowało w tym systemie dane kluczowe dla funkcjonowania przedsiębiorstwa np. informacje o nowych produktach i ich procesie wytwórczym. Wszystkie te firmy zadeklarowały, że udostępnią wybrane dane potencjalnym partnerom biznesowym w sytuacji podjęcia decyzji o współpracy. Bardzo istotnym warunkiem dla nich jednak jest zabezpieczenie przekazanych danych przed kradzieżą i nieuprawnionym wykorzystaniem ich np. w Internecie. W grupie badanych przedsiębiorstw, żadna firma nie wdrożyła wszystkich modułów systemu ERP w pełni. Przyczyną takiego zjawiska może być brak potrzeb danych przedsiębiorstw w zakresie działania wskazanego obszaru systemu ERP lub brak środków finansowych na wdrożenie pełne całego systemu. Wśród

badanych firm ponad 50% miało wdrożonych w pełni moduł CAD czyli komputerowe wspomaganie projektowania oraz CAM - komputerowe wspomaganie wytwarzania. Pozwala to wysnuć wniosek, że w badaniu wzięły udział głównie przedsiębiorstwa o profilu inżynierskim.

W grupie pytań dotyczących określenia wpływu poszczególnych czynników na rozwój innowacji, 50% respondentów uznało kompetencje w zakresie konstruowania wyrobów za czynnik mający znaczący wpływ na rozwój nowych innowacyjnych produktów oraz technologii. Za wysoki wpływ na kreowanie innowacji, ankietowani uznali również kompetencje w zakresie inżynierii produkcji - 12 odpowiedzi. Najwięcej odpowiedzi (8) dotyczących średniego wpływu czynnika otrzymały kompetencje w zakresie wytwarzania oraz kontroli. Respondenci określili niski wpływ dostępu do baz i patentów - 8 odpowiedzi. Na uwagę zasługuje fakt, że tylko 8 przedsiębiorców wskazało za znaczące dla rozwoju innowacji, kompetencje w zakresie prowadzenia prac B+R. Tak mała liczba odpowiedzi może wynikać z faktu, że niewiele polskich przedsiębiorstw posiada w swojej strukturze działy badawczo-rozwojowe.

5. WNIOSKI I DALSZE PRACE

Istotne dla współczesnego przedsiębiorstwa jest stworzenie skutecznej procedury, która będzie sprzyjała rozwijaniu innowacji. Innowacyjność jest postrzegana jako źródło do zyskania przewagi konkurencyjnej na rynku [Pérez-Luño, Valle Cabrera, Wiklund, 2007], [Tidd, Bessant, 2013], dlatego też naturalną koniecznością jest zbadanie poziomu wykorzystania tego źródła, określenie wagi determinantów oraz wskazanie rezerw w tym obszarze [Canibano, Garcia – Ayuso, Sanchez, 2001], [Castano – Martinez, 2012], [Bartoloni, 2011], [Horbach, 2013].

Przeprowadzone badania pilotażowe wykazały, że przedsiębiorstwa produkcyjne chcą współpracować w ramach sieci przedsiębiorstw oraz deklarują chęć wymiany wiedzy, praktycznie w czasie rzeczywistym np. drogą elektroniczną danych istotnych dla ich działalności w przypadku podjęcia decyzji np. o współpracy w ramach jednego projektu celowego. Na podstawie wyników badań możliwe jest wstępne określenie determinant istotnych w procesie rozwoju innowacji technologicznych i produktowych w polskich mikro, małych oraz średnich przedsiębiorstwach produkcyjnych. Analizując wyniki badań wstępnych, można stwierdzić, że wdrażanie innowacji w polskich przedsiębiorstwach produkcyjnych jest koniecznością. „Ścieżka” rozwoju innowacji w przedsiębiorstwach za każdym razem może być inna. Można jednak zaryzykować stwierdzenie, że uzyskanie trwałej przewagi konkurencyjnej na rynku będzie wymagało bycia innowatorem w wybranej przez siebie dziedzinie [Zięba, Oster, 2011].

6. LITERATURA

- [1] **Bartoloni E.**, *Capital structure and innovation: causality and determinants*, Springer Science+Business Media, LLC, 2011.
- [2] **Bessant J., Tidd J.**, *Zarządzanie innowacjami. Integracja zmian technologicznych, rynkowych i organizacyjnych*, Wolters Kluwer, 2013.

- [3] **Canibano L., Garcia – Ayuso M., Sanchez M. P.**, *Shortcomings in the Measurement of Innovation: Implications for Accounting Standard Setting*, Journal of Management and Governance, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [4] **Castano – Martines M-S.**, *Product innovation and R&D policy: the case of the transformation in-dustries in developed and developing*, Springer Science+Business Media, 2012.
- [5] **Drucker P. F.**, *Spoleczeństwo pokapitalistyczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
- [6] **Dolińska M.**, *Kapitał intelektualny a innowacje*, *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, nr 8, 2006.
- [7] **Hagenhoff S.**, *Innovationsmanagement für Kooperationen*, Universitätsverlag Göttingen, 2008.
- [8] **Horbach J.**, *Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [9] **Jurczyk-Buńkowska M., Kucińska-Landwójtowicz A.**, *Wykorzystanie pomiarów jakości w planowaniu procesów innowacji*, *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, Nr 2 (2013).
- [10] **Oslo Manual**, *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd OECD and Eurostat 2005.
- [11] **Perez-Bustamante G.**, *Knowledge management in agile innovative organizations*, *Journal of Knowledge Management*, t. 3, nr 1, 1999.
- [12] **Pérez-Luño A., Valle Cabrera R., Wiklund J.**, *Innovation and Imitation as Sources of Sustainable Competitive Advantage*, *Management Research*, vol. 5(2), 2007.
- [13] **Pilch T.**, *Zasady badań pedagogicznych*, Wrocław – Warszawa – Kraków - Gdańsk 1977, WSiP, str. 45, ISBN 83-86770-00-7
- [14] **Pilch T., Bauman T.**, *Zasady badań pedagogicznych. Strategie ilościowe i jakościowe*, Warszawa 2001, „Żak”, str. 80, ISBN 978-83-620151-6-0
- [15] **Przygońska E.**, *Metody badań*, http://www.przygonska.org.pl/metody_badan.htm, [dostęp: 16.12.2015]
- [16] **Zięba M., Oster P.**, *Innowacyjność w małych i średnich przedsiębiorstwach*, *E-mentor* nr 3 (40) / 2011.

OPTIMALIZACJA PROCESU PRZYJĘCIA TOWARU W ZAKRESIE SZYBKIEJ IDENTYFIKACJI DETALI Z UŻYCIEM KODÓW KRESKOWYCH

1. WPROWADZENIE

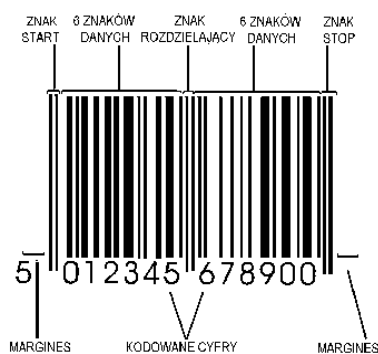
Kod kreskowy można zdefiniować jako graficzne odzwierciedlenie określonych znaków poprzez kombinację ciemnych i jasnych elementów, ustaloną według przyjętych reguł budowy danego kodu. Pierwsze praktyczne zastosowanie kodu kreskowego miało miejsce 26 czerwca 1974 roku w Troy, w stanie Ohio (USA). Tego dnia w supermarkecie Marsh zeskanowany został pierwszy produkt, którym była guma do życia firmy Wrigley. Z upływem czasu kody kreskowe znajdowały szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach działalności. Początkowo wykorzystywane były do identyfikacji jednostek handlowych, z czasem znalazły swoje zastosowanie w identyfikacji jednostek logistycznych w identyfikacji zasobów, a także do znakowania kuponów, kwitów zwrotnych, recept, leków czy nawet stron internetowych. Dziś szacuje się, że skanowanych jest około 5 miliardów kodów kreskowych dziennie.

Głównym celem niniejszego artykułu była optymalizacja procesu przyjęcia towaru w dziale przyjęcia towaru przedsiębiorstwa produkcyjnego Polwab. W tym celu, zaprojektowano, a następnie wykonano stanowisko bazujące na wykorzystaniu kodów kreskowych do szybkiej identyfikacji detali. W zaproponowanym stanowisku kody kreskowe służą do identyfikacji paletowych jednostek ładunkowych, na których dostarczane są na teren przedsiębiorstwa określone rodzaje detali. Do głównych elementów składowych stanowiska zaliczany jest czytnik kodów kreskowych oraz tablet wraz z aplikacją bazodanową. W tym przypadku, zakres prowadzonych badań obejmował głównie przeanalizowanie aktualnie funkcjonującego procesu przyjęcia towaru wykorzystującego tzw. strefę detali poglądowych oraz zaproponowanie, zaprojektowanie i wykonanie stanowiska do szybkiej identyfikacji detali na terenie zakładu. Wykonanie stanowiska, którego funkcjonowanie oparto by głównie na kodach kreskowych wiązało się z użyciem w nim czytnika kodów kreskowych do dekodowania informacji zakodowanych w postaci kodu kreskowego. W pracy tej kod kreskowy postrzegany jest jako klucz dostępu do bazy danych określonych detali.

2. KODY KRESKOWE

Charakteryzując kod kreskowy należy zdefiniować dwa podstawowe pojęcia: „kod kreskowy” oraz „symbolika”. Kod kreskowy to zrozumiałe dla skanera zestawienie znaków

symbolu i właściwości wynikających z określonej symboliki. Składa się ze znaków „start” i „stop”, znaków danych, znaków kontrolnych, jasnych marginesów i innych znaków pomocniczych [8]. Symbolika w odniesieniu do kodów kreskowych, oznacza formę prezentacji znaków numerycznych lub alfanumerycznych w określonym rodzaju kodów kreskowych.



Rys. 1. Prezentacja parametrów kodu na przykładzie kodu EAN-13

Do głównych parametrów każdego rodzaju kodów kreskowych należy zaliczyć:

- znaki danych,
- znaki kontrolne,
- znaki pomocnicze i ciche strefy,
- typ kodu,
- szerokości kresek, moduły, wymiar X,
- długość symbolu,
- samosprawdzalność znaku.

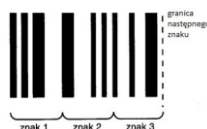
Znaki danych (rys. 1) są to znaki, które można przedstawić w kodzie kreskowym. Wśród tych znaków wyróżnia się litery, liczby i symbole. Gdy dany kod składa się z samych cyfr wówczas jest to kod numeryczny, natomiast, gdy obok cyfr znajdują się dodatkowo litery to taki kod nazywany jest alfanumerycznym, który może również zawierać znaki interpunkcyjne i specjalne.

Znaki kontrolne nie zawierają w sobie żadnych danych. W przypadku kodów numerycznych nazywane są one cyframi kontrolnymi (rys. 1). Znaki te stosuje się w celu sprawdzenia czy dany kod jest poprawnie skonstruowany. Kod ten wyznaczany jest ze wszystkich znaków danych na podstawie określonego algorytmu.



Rys. 2. Przykładowy kod nieciągły [4]

Znaki pomocnicze podobnie jak znaki kontrolne nie kodują informacji. Do znaków pomocniczych zaliczamy znak „start” i „stop” (rys. 1). Celem stosowania tych znaków jest minimalizacja niewłaściwego odczytu zaszyfrowanych w kodzie kreskowym informacji. Znak „start” informuje skaner kodów kreskowych o początku kodu i analogicznie znak „stop” informuje o jego końcu. Cicha strefa zwana również jasnym marginesem, w celu prawidłowego odczytu kodu, musi znajdować się przed znakiem start i po znaku stop.



Rys. 3. Przykładowy kod ciągły [4]

Wśród wszystkich dostępnych typów kodów wyróżnić można kody nieciągłe (rys. 2), ciągłe (rys. 3) oraz matrycowe (rys. 4). Kody nieciągłe, zwane również kodami dyskretnymi to kody, w których przerwy międzyznakowe nie kryją żadnych informacji (wszystkie znaki zaczynają się i kończą ciemną kreską). Kody ciągłe charakteryzuje brak przerwy międzyznakowej, przez co koniec jednego znaku jest równocześnie początkiem drugiego. Kody matrycowe są to kody, w których dane kodowane są przy użyciu elementów takich jak sześciokąty, kwadraty lub kółka.

Ze względu na szerokość kresek w kodzie wyróżniamy kody o dwóch szerokościach kresek oraz kody modularne. Kody o dwóch szerokościach kresek to kody, w których wyróżniane są kreski szerokie i wąskie, a ich stosunek (N) jest stały dla danego rodzaju kodu i wynosi 2:1 lub 3:1. Natomiast, kody modularne zaliczane są do kodów ciągłych. W tego typu kodach, kreski posiadają różną szerokość, a zawarte w nich znaki składają się z konkretnej, stałej liczby modułów (moduł to największa kreska której szerokość określana jest jako „wymiar X ”).



Rys. 4. Przykładowe kody matrycowe

Długość symbolu jest zazwyczaj określona dla symbolik, które posiadają standardowe zastosowania. Symboliki, które nie mają ustandaryzowanych zastosowań posiadają różną długość, która zależy między innymi od liczby zakodowanych znaków. Długość takiego symbolu ograniczona jest przez możliwości odczytu jakie posiada skaner, który będzie zastosowany do późniejszego odczytu tego kodu.

Samosprawdzalność znaku występuje w kodzie poprzez użycie w strukturze kodu specjalnego algorytmu, ma on za zadanie kontrolować, aby znak kodu nie został odczytany jako inny, na wypadek wystąpienia np. błędu drukarskiego [4].



Rys. 5. Rysunek ilustrujący odczyt kodu kreskowego [5]

2.1. Zasada działania kodów kreskowych

Odczyt kodu kreskowego dokonywany jest przy użyciu czytnika kodów kreskowych. Podczas odczytu wiązka światła laserowego pochodząca z czytnika pada na powierzchnię kodu, poczym następuje rejestrowane przez znajdującą się w czytniku fotokomórkę odbicie wiązki światła od jasnych elementów kodu (przerw) i pochłonięcie jej przez ciemne elementy kodu (rys. 5). W wyniku odbicia światła od jasnych elementów kodu w czytniku powstaje silny sygnał elektryczny, natomiast na skutek pochłonięcia światła przez ciemne elementy powstaje słabszy sygnał. Zależny od szerokości ciemnych i jasnych elementów kodu, czas trwania poszczególnych sygnałów koduje określone informacje, które dekodowane są na litery, liczby i inne znaki przez znajdujący się w czytniku dekodery. Następnie, tak zdekodowane informacje przesyłane są do oprogramowania współpracującego z czytnikiem.

2.2. Czytniki kodów kreskowych

Czytnik kodów kreskowych zwany również skanerem kodów kreskowych, to urządzenie elektroniczne służące do dekodowania informacji zawartych w symbolu kodu kreskowego. Skaner przetwarza informację optyczną na sygnały elektryczne, które następnie dekoduje i przekazuje do urządzenia końcowego. Zasada działania czytnika kodów kreskowych, polega na przetworzeniu w module wejściowym czytnika obrazu kodu na

sygnał elektryczny. Następnie na podstawie przebiegu amplitudowo-czasowego sygnału elektrycznego dekodowana jest na postać znakową informacja zawarta w kodzie kreskowym. Informacja przekazywana jest do urządzenia końcowego, którym może być przenośny terminal lub komputer.

Do parametrów odczytu czytników kodów kreskowych zaliczamy: długość fali, rozdzielczość, głębie ostrości i szybkość skanowania. Długość fali określa na jakim zakresie długości fali świetlnej pracuje dany czytnik. Za wartość nominalną przyjmuje się środek zakresu pracy danego czytnika. Rozdzielczość jest to największa szerokość elementu występującego w kodzie, jaką dany czytnik może odczytać. Parametr głębie ostrości mówi o tym, w jakiej odległości od czynnika dany symbol może być swobodnie odczytany. Szybkość skanowania określa ile odczytów na sekundę może odczytać dany skaner [4].

Podział skanerów kodów kreskowych określanych również czytnikami kodów kreskowych przedstawiono w tabeli 1, w której wyszczególniono osiem kryteriów podziału [3].

Tab. 1. Podział czytników kodów kreskowych według określonych kryteriów

Kryterium podziału	Rodzaje czytników
Ze względu na użyty w skanerze moduł skanujący	Laserowe – do zalet tych czytników należy duży zasięg odczytu.
	Diodowe CCD – charakteryzują się dużą szybkością odczytu.
	Imagery – odczytują kod kreskowy przy użyciu aparatu cyfrowego i odpowiednich algorytmów analizujących obraz.
Ze względu na sposób użytkowania	Ręczne
	Stacjonarne
Ze względu na sposób transmisji danych	Przewodowe
	Bezprzewodowe: - bluetooth - radiowe
Ze względu na przeznaczenie	Handlowe - przeznaczone do użytku w marketach, supermarketach itp.)
	Przemysłowe – stosowane w dziale kompletacji, sortowni, linii produkcyjnej itp.)
Ze względu na rodzaj odczytywanego symbolu kodu kreskowego	Skanery 1D – przeznaczone do skanowania kodów liniowych
	Skanery 2D – przeznaczone do skanowania kodów matrycowych i złożonych.
Ze względu na rodzaj linii skanujących	Jednoliniowe
	Wieloliniowe – stosowane np. dla kodów

	wielokierunkowych
	Skanery obrazu dwuwymiarowego
Ze względu na jakość odczytywanych kodów kreskowych	Do kodów zwykłych
	Do kodów gęstych

3. GOSPODARKA MAGAZYNOWA W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Do podstawowych zagadnień związanych z gospodarką magazynową należy zaliczyć następujące pojęcia: magazyn, magazynowanie, zapas magazynowy, wyodrębniona przestrzeń, wyposażenie magazynowe, personel magazynowy, organizacja gospodarki magazynowej oraz koszty magazynowania.

W tym przypadku, **magazyn** to jednostka funkcjonalno-organizacyjna, której zadaniem jest **magazynowanie** dóbr materialnych, czyli wykonanie zespołu czynności takich jak przyjęcie, składowanie, przechowywanie, kompletowanie, przemieszczanie, konserwacja, ewidencjonowanie, kontrolowanie i wydawanie dóbr materialnych (zapasu magazynowego). **Zapas magazynowy** to dobra materialne przyjęte do magazynu i właściwie udokumentowane. Zapasem może być surowiec, materiał, półfabrykat czy wyrób gotowy. Celem tworzenia zapasu jest jego późniejsze wydanie z magazynu i wykorzystanie np. w produkcji czy konsumpcji. Zapasy magazynowane są na specjalnie **wyodrębnionej przestrzeni**, która jest częścią budowli magazynowej. Przestrzeń ta spełnia określone wymagania, dotyczące składowanego dobra dzięki czemu chroni go przed obniżeniem jego jakości. **Wyposażenie magazynowe** to wyposażenie technologiczne (wyposażenie dające możliwość realizowania zadań związanych z funkcją magazynu i technologicznym procesem magazynowania) oraz budowlano-instalacyjne (gwarantujące właściwe warunki klimatyczne magazynowanych dóbr, odpowiednie oświetlenie, zabezpieczenie przeciwpożarowe, ochrona przed kradzieżą, sterylne warunki i spełnienie wymagań bhp). Magazyn obsługiwany jest przez **personel magazynowy**, czyli zespół ludzi pracujących na magazynie i odpowiedzialnych za jego właściwe funkcjonowanie. **Organizacja gospodarki magazynowej** obejmuje system skoordynowanych działań mających na celu efektywne magazynowanie dóbr. Wśród tych działań wyróżniamy ogół środków, zasad i metod wykorzystywanych w gospodarce magazynowej wraz z doborem struktury organizacyjnej. Z pracą magazynu wiążą się **koszty magazynowania**, które definiujemy jako wyrażone w pieniądzu zużycie środków trwałych, materiałów, paliw i energii wraz z wynagrodzeniem pracowników magazynu [7].

Ponad to istotnymi pojęciami dla opisywanego w artykule stanowiska są pojęcia paletowa jednostka ładunkowa oraz etykieta logistyczna. Paletową jednostkę ładunkową definiujemy jako jednostkę ładunkową uformowaną na palecie płaskiej lub w palecie skrzynkowej [6]. Etykieta logistyczna jest to natomiast etykieta służąca do oznaczenia jednostki logistycznej, zwana jest również etykietą transportową lub wysyłkową. Zawiera ona podstawowe dane odnoszące się do transportowanego ładunku wraz z kodem kreskowym.

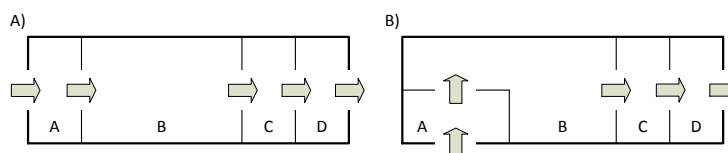
3.1. Technologia magazynowania

Termin technologia magazynowania określa reguły przemieszczania i składowania zapasów magazynowych, z użyciem odpowiedniego wyposażenia technicznego magazynu. Technologiczny proces magazynowania, to realizowany przez pracowników z użyciem urządzeń uszeregowany zbiór czynności związanych z przepływem zapasów przez magazyn. Ażeby przepływ zapasów przez magazyn był jak najefektywniejszy należy wyznaczyć następujące elementy techniczno-organizacyjne, jak [1]: przestrzeń magazynową, wyodrębnić maszyny i urządzenia, zasady wykonywania czynności, samych pracowników oraz określoną dokumentację.

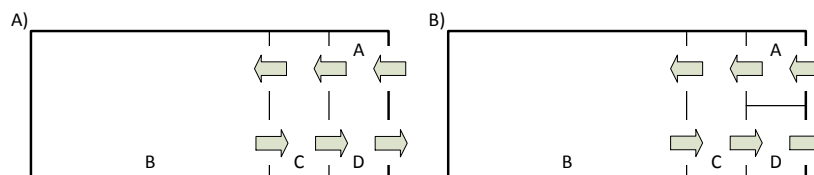
3.2. Strefy magazynu

Wyróżnia się cztery strefy magazynowe: przyjęć, składowania, komplementacji i wydań. Strefy te różnią się od siebie czynnościami jakie się na nich wykonuje w trakcie przepływu dóbr przez magazyn. Pierwszą strefą jest strefa przyjęć, w której wykonuje się wszystkie czynności związane z rozładunkiem dostawy i przyjęciem (fizycznym i dokumentacyjnym) dóbr do magazynu. Wśród tych czynności wyróżniamy rozładunek środka transportu, rozpakowanie, segregacja, sortowanie, kontrola jakościowa i DZ ilościowa, sprawdzenie dokumentów przyjęcia do magazynu, znakowanie dóbr etykietami identyfikacyjnymi i lokalizacyjnymi, przekazanie do strefy składowania. Strefa składowania obejmuje czynności związane ze składowaniem i niekiedy (w przypadku, gdy w danym magazynie nie ma wyznaczonej strefy komplementacji) komplementacją dóbr. Do czynności tych zaliczamy przemieszczanie i piętrzenie dóbr w wyznaczonych miejscach składowania, wykonywanie czynności konserwacyjnych, pobranie z miejsc składowania dóbr i przemieszczenie ich do strefy komplementacji lub wydań. Strefa komplementacji obejmuje czynności związane z komplementacją określonych zamówień i przemieszczeniem ich do strefy wydań. Ostatnią strefą jest strefa wydań, w której wykonuje się czynności związane z wydaniem i załadunkiem towaru na środki transportu zewnętrznego. Do czynności tych zaliczamy kontrole skompletowanych wysyłek i załadunek na środek transportu [1].

Wyróżnia się dwa układy rozmieszczenia stref magazynu: układ przelotowy (prosty i kątowy) i układ nieprzelotowy (z oddzielnymi strefami przyjęć i wydań oraz z połączoną strefą przyjęć i wydań). Układ przelotowy to układ, w którym strefa przyjęć i wydań znajdują się po przeciwnych stronach magazynu. Układ nieprzelotowy nazywany także układem workowym, charakteryzuje występowanie stref przyjęć i wydań obok siebie. Wyżej wymienione układy przedstawione zostały na rys. 6 i rys. 7 [2].



Rys. 6. Układ magazynowy przelotowy: A) prosty, B) kątowy (A – strefa przyjęć, B – strefa składowania, C – strefa komplementacji, D – strefa wydań)



Rys. 7. Układ magazynowy nieprzelotowy: A) z połączoną strefą przyjęć i wydań, B) z oddzielną strefą przyjęć i wydań (A – strefa przyjęć, B – strefa składowania, C – strefa komplementacji, D – strefa wydań)

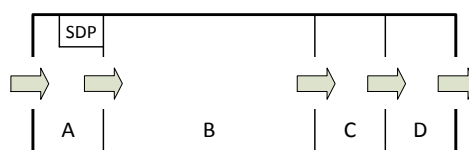
4. STREFA DETALI POGLĄDOWYCH W OBSZARZE PRZYJĘĆ TOWARU

W dziale przyjęcia towaru przedsiębiorstwa produkcyjnego branży Automotive, przyjmowane detale identyfikowane są na podstawie detali umieszczonych w strefie detali poglądowych. Strefa detali poglądowych znajduje się w dziale przyjęcia towaru i jest ona wydzielonym obszarem (rys. 8), na którym znajdują się wzory dostarczanych do przedsiębiorstwa detali. W strefie tej detale składowane są przy użyciu regałów pułkowych oraz zawieszane są na ścianie poglądowej. Miejsca składowania wzorców na regałach i ścianie poglądowej opisane są w celu ułatwienia identyfikacji konkretnego wzorca.

Zastosowanie w dziale przyjęcia towarów rozwiązania opartego na strefie detali poglądowych pozwala nie tylko na zidentyfikowanie czy dostarczone detale są tymi, które zostały przez przedsiębiorstwo zakupione, ale także daje możliwość przeprowadzenia odbiorczej kontroli jakościowej dostaw. W oparciu o wzorzec pracownik ma możliwość przeprowadzenia kontroli jakościowej metodą organoleptyczną, czyli metodą wykorzystującą zmysły. W przypadku detali dostarczanych do przedsiębiorstwa z branży Automotive kontrola taka obejmuje ocenę detalu przy użyciu wzroku. Pracownik ma możliwość porównania wzorca z dostarczonym detalem i wykrycie nieprawidłowości związanych np. z kształtem czy liczbą otworów w detalu.

Rozwiązanie oparte na strefie detali poglądowych posiada kilka istotnych wad. W praktyce zastosowanie strefy detali poglądowych wiąże się z wykorzystaniem przestrzeni, która mogłaby być użytkowana w inny, efektywniejszy sposób np. jako przestrzeń do składowania detali. Kolejną wadą jest czasochłonność identyfikacji wynikająca z pobrania i odłożenia wzorca. Strefa poglądowa ulokowana jest w pewnym konkretnym miejscu, oznacza to, że każdorazowo podczas przyjęcia towaru pracownik musi w celu identyfikacji określonej partii detali udać się po wzorzec do strefy poglądowej. Po przybyciu przez pracownika do strefy poglądowej, pracownik musi zidentyfikować wzorzec. Strefa poglądowa może zawierać np. 50 detali co sprawia, że identyfikacja konkretnego wzorca może być czasochłonna. Po zidentyfikowaniu konkretnego wzorca pracownik musi udać się do obszaru strefy przyjęć, na którym znajdują się porównywane ze wzorcem detale. Po identyfikacji i kontroli odbiorczej określonej grupy detali, pracownik po raz kolejny musi udać się do strefy detali poglądowych, w celu odstawienia wzorca na wyznaczone do tego miejsce. Szczególnym problemem związanym z rozwiązaniem

opartym na strefie detali poglądowych jest fakt, że rozwiązanie to nie jest rozwiązaniem zautomatyzowanym, oznacza to, że praca wykonywana w tym systemie w sposób szczególny narażona jest na tak zwany błąd ludzki. Wystarczy wyobrazić sobie sytuację, w której pracownik omyłkowo umieszcza wzorec na niewłaściwym miejscu w strefie detali poglądowych. Sytuacja taka mogła by skutkować niewłaściwą identyfikacją dostarczonego detalu, a co za tym idzie nieprzyjęciem właściwej dostawy. W efekcie opóźniony mógłby zostać proces produkcyjny ze względu na brak materiału (w tym przypadku detalu) niezbędnego do produkcji. Sytuacja taka wiązała by się między innymi z opóźnieniem produkcji, a co za tym idzie z dużymi stratami finansowymi przedsiębiorstwa.



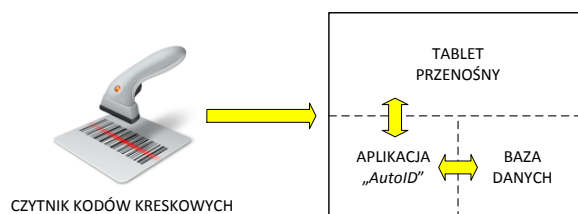
Rys. 8. Umieszczenie strefy detali poglądowych w magazynowym układzie przelotowym (A – strefa przyjęć, B – strefa składowania, C – strefa komplementacji, D – strefa wydań, SDP – ściana detali poglądowych)

5. STANOWISKO DO SZYBKIEJ IDENTYFIKACJI DETALI

Głównym założeniem realizowanego projektu było opracowanie stanowiska wspomagającego szybką identyfikację detali przyjmowanych na teren przedsiębiorstwa Polwab, w dziale przyjęcia towaru. Założono, że stanowisko będzie składać się z tabletu, z czytnika kodów kreskowych oraz ze specjalnej aplikacji bazodanowej. W tym przypadku, wspomniana aplikacja zintegrowana z czytnikiem kodów kreskowych oraz z tabletem miała dawać możliwość:

- szybkiej identyfikacji detalu z wyróżnieniem nazwy, numery kodu kreskowego, opisem i uwagami,
- rozróżnienia elementów zbieżnych z wzorcem w liczbie maksymalnie dwóch,
- wyszukiwania, przeglądania i edycji danych umieszczonych w relacyjnej bazie danych.

Podstawowe elementy stanowiska do szybkiej identyfikacji danych zostały przedstawione na rys. 9, w skład którego wchodzi: czytnik kodów kreskowych, przenośny tablet z systemem operacyjnym oraz aplikacja współpracująca z bazą danych.



Rys. 9. Schemat stanowiska do szybkiej identyfikacji

Pierwszym elementem stanowiska jest czytnik kodów kreskowych. Zadaniem czytnika jest dekodowanie informacji zawartej w kodzie kreskowym, który umieszczony jest na paletowej jednostce ładunkowej lub na opakowaniu zbiorczym czy jednostkowym. Czytnik kodów kreskowych wysyła wiązkę światła na powierzchnię kodu kreskowego, poczym następuje odbicie światła od przerw znajdujących się pomiędzy czarnymi elementami kodu. Odbite światło trafia na wklęsłe, skupiające lustro, które kieruje wiązkę na fotodetektor, który przetwarza światło odbite na impulsy elektryczne. Impulsy elektryczne kierowane są poprzez przedwzmacniacz do procesora, który obrabia je i przekazuje do dekodera. Zdekodowana informacja zostaje przekazana do hosta, którym w tym przypadku jest tablet. Czytnik kodów kreskowych połączony jest z tabletem przy użyciu portu USB. Ze względu na komfort wykonywanych podczas przyjęcia towaru prac skaner powinien być bezprzewodowy, ponieważ podczas przemieszczania w strefie przyjęć, kabel mógłby krępować ruchy pracownika. Bezprzewodowe połączenie czytnika kodów kreskowych z tabletem poza podpięty pod port USB mikro-odbiornikiem, mogłoby być wykonane z użyciem technologii Bluetooth. W przypadku połączenia czytnika kodów kreskowych z komputerem stacjonarnym rozwiązanie oparte na technologii Bluetooth nie sprawdziłoby się w praktyce, ponieważ technologia ta posiada niewielki zasięg komunikacyjny sięgający do kilku metrów. W przypadku stanowiska stacjonarnego połączenie czytnika z komputerem powinno być wykonane z użyciem technologii WiFi, gdyż zasięg komunikacyjny wynosi wówczas nawet do 100 metrów.

Drugim elementem stanowiska jest tablet. Tablet pełni rolę przenośnego komputera. Charakteryzuje go duży ekran połączony z zastosowaną w nim technologią Multi-Touch. W przypadku stanowiska do szybkiej identyfikacji tablet daje możliwość uruchomienia aplikacji, dzięki znajdującemu się w nim oprogramowaniu Windows wraz z odpowiednim interfejsem (przewodowym lub bezprzewodowym) do podłączenia czytnika kodów kreskowych. W praktyce podczas prac magazynowych związanych z przyjęciem towaru umiejscowienie tabletu nie może powodować dyskomfortu poruszania się pracownika identyfikującego towar, dlatego tablet mógłby zostać przymocowany do przedramienia przy użyciu specjalnej opaski lub przy użyciu specjalnego uchwyty powieszono na szyi. Tego typu rozwiązanie sprawia, że przemieszczanie się w celach identyfikacyjnych w obrębie strefy przyjęć nie powodowałoby dyskomfortu pracownika. Obecnie na rynku istnieją już tablety przemysłowe wyposażone w czytniki kodów kreskowych i w związku z tym można przypuszczać, że takie rozwiązanie byłoby najlepszym rozwiązaniem w przypadku weryfikowanego stanowiska.

Natomiast, w oprogramowaniu tabletu można wyróżnić dwa odrębne elementy oprogramowania kompatybilne z systemem Windows, które fizycznie umiejscowiono w jego pamięci wewnętrznej. Pierwszym elementem jest aplikacja, której głównym zadaniem jest nawiązanie połączenia skanera kodów kreskowych z bazą danych, wyszukiwanie w ten sposób konkretnych pozycji w bazie danych, dokonywanie przeglądu bazy danych oraz jej edycji. Podczas sczytywania kodu kreskowego informacja w nim zakodowana zostaje w czytniku natychmiast zdekodowana i przekazana do znajdującej się w tablecie aplikacji. Dostarczona przez czytnik kodu informacja jest elementem kluczowym dostępu do konkretnej pozycji relacyjnej bazy danych, będącej drugim elementem oprogramowania, która obsługiwana jest przez wcześniejszą aplikację.

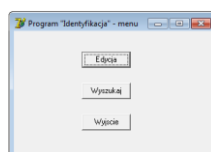


Rys. 10. Widok zaproponowanego stanowiska do szybkiej identyfikacji detali

Tak zaprojektowane i wykonane stanowisko do szybkiej identyfikacji detali w strefie przyjęć towarów z użyciem czytnika kodów kreskowych połączonego z laptopem zostało przedstawione na rys. 10. Stanowisko to przetestowane zostało również z użyciem tabletu wyposażonego w system operacyjny Windows, na którym działało bez zarzutów.

5.1. Program główny „AutoID”

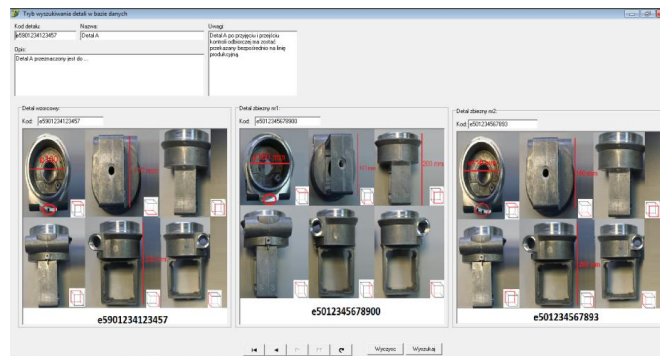
Aplikacja stworzona do obsługi stanowiska przeznaczonego do szybkiej identyfikacji detali nazwano „AutoID”. W programie tym, od razu po jego uruchomieniu pojawia się okno główne z menu, z użyciem którego można przejść do określonego modułu programu – rys. 11. Umieszczone przyciski pozwalają na szybkie przejście do określonych modułów, które różnią się dostępem do bazy danych detali poglądowych. Wspomniane przyciski symbolizują odrębne moduły: przycisk „Edycja” (służy do przejścia w tryb edycji bazy danych), przycisk „Wyszukaj” (służy do przejścia w tryb przeszukiwania bazy danych) i przycisk „Wyjście” (służy do wyjścia z programu).



Rys. 11. Menu główne aplikacji „AutoID”

Wybór w menu głównym pierwszego przycisku „Edycja” lub drugiego „Wyszukaj” powoduje otwarcie kolejnych okien (rys. 12), w których zaimplementowane mechanizmy operują bezpośrednio na bazie danych. Różnica pomiędzy tymi oknami polega na tym, że w pierwszym przypadku dostęp do bazy danych jest w trybie do edycji, zaś w

drugim przypadku w trybie do odczytu. W celu wizualnego odróżnienia obu interfejsów od siebie, w trybie do edycji opisy wszystkich pól są koloru czerwonego, a w przeciwnym wypadku koloru czarnego. Istotne różnice zauważalne są również w przypadku przycisku nawigacyjnego, gdyż zależnie od wybranego modułu funkcyjnego na bazie danych mogą być wykonywane odmienne operacje.



Rys. 12. Okno programu „AutoID” służące do wyszukiwania detali w bazie danych

Naciśnięcie w module wyszukiwania miniatury zdjęcia wyszukiwanego detalu spowoduje ich powiększenie w kolejnym oknie – rys. 13. Okno przedstawiające powiększone zdjęcia detali zastosowane zostało w celu lepszej wizualizacji i pewniejszej identyfikacji analizowanego detalu. W oknie tym, widnieje zdjęcie składające się z numeru kodu kreskowego detalu, sześciu mniejszych zdjęć ilustrujących widok detalu z każdej strony wraz z tak zwanymi sześcioma orientacyjnymi. Zastosowanie sześciu orientacyjnych wraz z sześcioma zdjęciami (widokami) poszczególnych płaszczyzn detalu, ma ułatwić pracownikowi przeprowadzającemu identyfikację, określenie poszczególnych płaszczyzn wzorca wykorzystywanego do porównania go z detalem kontrolowanym. Na każdym zdjęciu (czerwonym kolorem) oznaczone zostały poszczególne wymiary oraz charakterystyczne cechy dla danego detalu, które wyróżniają go na tle zbieżnych.



Rys. 13. Powiększone okno poglądowe detali.

5.2. Zalety stanowiska do szybkiej identyfikacji detali

Stanowisko do szybkiej identyfikacji detali oparto na wykorzystaniu kodu kreskowego, będącego unikalnym kluczem dostępu do bazy danych konkretnego rodzaju detalu – w opisywanym rozwiązaniu każda grupa detali posiada swój własny niepowtarzalny kod kreskowy. Zalety tak zaproponowanego stanowiska do szybkiej identyfikacji detali przyjmowanych na teren przedsiębiorstwa produkcyjnego eliminują wszystkie wady, jakie posiadało rozwiązanie oparte na strefie detali poglądowych. Poprzez zastosowanie tego typu stanowiska zaoszczędzono przestrzeń magazynową, która wcześniej wykorzystywana była do składowania detali wzorcowych. Teraz, przestrzeń ta może być wykorzystywana w efektywniejszy sposób, np. jako strefa reklamacji, która pierwotnie znajdowała się w strefie składowania. W efekcie spowoduje to powiększenie strefy składowania o przestrzeń wcześniej zajmowaną przez strefę reklamacji, dzięki czemu przedsiębiorstwo zwiększy możliwość składowania liczby detali przeznaczonych do użycia w procesie produkcyjnym.

Szybkość identyfikowanych detali w znaczący sposób została zwiększona. Zastosowanie tego typu stanowiska doprowadziło do tego, że pracownik w celu identyfikacji konkretnego detalu nie musi już pobierać wzorca ze strefy detali poglądowych, co wiązało się z dotarciem do tej strefy, z odszukaniem w niej odpowiedniego wzorca, z przemieszczeniem ze wzorcem do paletowej jednostki ładunkowej, a następnie z powrotem w celu odłożeniem wzorca na swoje miejsce w strefie detali poglądowych. Aplikacja bazodanowa obsługująca stanowisko pozwala na swobodne przemieszczanie się pracownika magazynu wraz z mobilnym tabletem i czytnikiem kodu w obrębie paletowych jednostek ładunkowych, a co za tym idzie, na ich szybką i bezbłędną identyfikację. Bezbłędną i szybką identyfikację detali dostarczanych do zakładu otrzymano głównie na bazie kodów kreskowych znajdujących się na etykietach logistycznych umieszczonych na paletowych jednostkach ładunkowych.

Zautomatyzowanie procesu identyfikacji detali w dziale przyjęć towaru dość znacznie zredukowało tzw. „błąd ludzki”, związany z identyfikacją stanu faktycznego na podstawie pobieranego ze strefy wzorca. Sam fakt pomyłki wzorców podczas identyfikacji, mógł skutkować między innymi odrzuceniem właściwej partii dostarczonych do zakładu detali, przeznaczonych do wykorzystania w procesie produkcyjnym. Kod kreskowy będący kluczem dostępu do bazy danych konkretnego wzorca jest gwarantem poprawności identyfikacyjnej. Zeskanowany kod kreskowy może zostać zeskanowany poprawnie co sprawi, że aplikacja przemieści się na właściwy rekord w bazie danych lub w przypadku uszkodzenia kodu, jego odczyt nie będzie możliwy. Fakt ten sprawia, że podczas identyfikacji aplikacja nie pomyli wzorców, dzięki czemu pracownik ma pewność, że identyfikuje stan faktyczny w oparciu o właściwy wzorec.

5.3. Alternatywne zastosowanie stanowiska do szybkiej identyfikacji

Zaprojektowane stanowisko do szybkiej identyfikacji detali mogłoby być wykorzystane również w innych działach przedsiębiorstwa. W niektórych przypadkach wiązałyby się to z nieznacznymi zmianami w interfejsie aplikacji oraz w bazie danych, ale ogólny „szkielet programu” i stanowiska nie uległyby zmianie.

Tak zaproponowane stanowisko mogłoby być zastosowane w celach identyfikacyjnych w każdej strefie magazynu. Przykładowo w strefie składowania służyłoby ono do szybkiego sprawdzenia czy towar umieszczony na określonym miejscu jest faktycznie tym, który powinien być tam składowany. W strefie komplementacji pracownik magazynu przy użyciu tego stanowiska i spisu poszczególnych detali wraz z kodami kreskowymi (wydrukowanymi na kartce) mógłby szybko zidentyfikować miejsce składowania komplementowanych dóbr, na które zgłoszone zostało zapotrzebowanie na linii produkcyjnej. W przypadku strefy wydań stanowisko to pełniłoby identyczną rolę jak w strefie przyjęć. Pozwalałoby ono na szybką identyfikację czy dostarczony towar jest faktycznie tym, na który zgłoszone zostało zapotrzebowanie na linii produkcyjnej.

Aplikacja „AutoID” po modyfikacji interfejsu mogłaby być wykorzystana w dziale kontroli jakości, gdzie dokonuje się np. pomiarów głębokości czy średnic poszczególnych otworów w detalach, sprawdza się chropowatość powierzchni oraz inne parametry detali. W tym konkretnym przypadku niezbędny podczas kontroli jakości byłby rysunek techniczny detalu, na którym znajdowałyby się kontrolowane parametry. Wówczas, w polu przedstawiającym zdjęcie detalu mógłby być zawarty jego rysunek techniczny, dzięki któremu pracownik działu kontroli jakości miałby szybki dostęp do dokumentacji technicznej każdego detalu poddawanego kontroli. Wszystkie detale mogłyby się znajdować na tablicy poglądowej przedstawiającej zdjęcie detalu, wraz z kodem kreskowym dzięki czemu pracownik kontroli jakości miałby szybki dostęp do danego rysunku, poprzez zeskanowanie kodu kreskowego danego detalu.

Jak widać zaprojektowane stanowisko można wykorzystać w każdej strefie magazynu lub działu kontroli jakości, co ilustruje potencjał tego typu rozwiązania. Drobne modyfikacje w strukturze bazy danych czy interfejsie aplikacji sprawiają, że stanowisko to można bez problemu wykorzystać poza obszarem magazynu, choćby w przytoczonym przykładzie działu kontroli jakości.

5.4. Subiektywna ocena stanowiska

Podsumowując projekt należy z całą pewnością stwierdzić, że zaprojektowane stanowisko do szybkiej identyfikacji detali przyjmowanych na teren przedsiębiorstwa, w dziale przyjęcia towaru jest dużo lepszym rozwiązaniem od rozwiązania stosowanego do tej pory, opartego na strefie detali poglądowych. Dzięki stanowisku wyposażonemu w czytnik kodów kreskowych, tablet i aplikację bazodanową oraz wykorzystującemu kody kreskowe znajdujące się na paletowych jednostkach ładunkowych, identyfikacja towaru stała się znacznie szybsza i mniej pracochłonna. Proces, który pierwotnie był procesem niezmechanizowanym, dzięki zastosowanemu stanowisku stał się częściowo zautomatyzowany, przez co ograniczono w znacznym stopniu tak zwany „błąd ludzki” związany z identyfikacją towaru. Dzięki połączeniu stanowiska i bazy danych detali wzorcowych zaoszczędzono przestrzeń magazynową, która wcześniej zagospodarowana była jako strefa detali poglądowych. Stanowisko to rozwiązało większość problemów związanych z pierwotną wersją stanowiska przyspieszając w znacznym stopniu identyfikację detali, ograniczając błąd ludzki, a ponad to pozwoliło na znaczne zaoszczędzenie przestrzeni magazynowej.

Zaprezentowane stanowisko w swojej obecnej formie nie jest do końca rozwiązaniem idealnym. Aplikacja „AutoID” mogłaby być zintegrowana bezpośrednio z bazą danych Magazynowego Systemu Informatycznego (MSI), jednak wykonanie tego było niemożliwe ze względu na brak dostępu do systemu MSI podczas procesu projektowania stanowiska. Połączenie aplikacji „AutoID” z bazą danych MSI pozwalałoby na znaczne rozwinięcie możliwości aplikacji. Podczas identyfikacji następowałaby jednoczesna ewidencja towaru w magazynowym systemie informatycznym, co jeszcze bardziej przyspieszyłoby proces przyjęcia towaru. Podczas ewidencji towaru aplikacja mogłaby także automatycznie wypełniać w formie elektronicznej dokumenty związane z przyjęciem towaru (PZ), dzięki czemu z wykorzystaniem tego stanowiska byłaby wykonywana zdecydowana większość czynności związanych z przyjęciem towarów na teren przedsiębiorstwa Polwab.

6. POSUMOWANIE

Głównym tematem opisywanych działań była optymalizacja procesu przyjęcia towaru w zakresie szybkiej identyfikacji detali z użyciem kodów kreskowych. Innymi słowy realizowane badania dotyczyły zastosowania kodów kreskowych jako źródła informacji o towarach przyjmowanych na teren przedsiębiorstwa w dziale przyjęcia towaru, a wszystko to w celu optymalizacji dotychczasowej metody przyjęcia towaru bazującej na strefie detali poglądowych.

Celem przeprowadzonych badań było zaproponowanie, a następnie wykonanie stanowiska do szybkiej identyfikacji detali na terenie zakładu Polwab w oparciu o zastosowanie czytnika kodów kreskowych. Elementem stanowiska miała być aplikacja współpracująca z czytnikiem kodów kreskowych oraz specjalnie utworzoną w tym celu bazą danych. Tak przygotowane stanowisko miało za zadanie zoptymalizować strefę obszaru detali poglądowych znajdującą się w dziale przyjęcia towaru przedsiębiorstwa produkcyjnego.

Postawione w pracy cele zostały zrealizowane, efektem czego jest gotowe i funkcjonujące stanowisko do szybkiej identyfikacji detali, składające się z czytnika kodów kreskowych i tabletu ze znajdującą się w pamięci wewnętrznej aplikacją oraz bazą danych. Przerobiony zakresu pracy pozwolił na zaproponowanie stanowiska, które zoptymalizowało dotychczasowy proces przyjęcia towaru bazujący na strefie detali poglądowych. Proces ten został zoptymalizowany przez zastosowanie kodu kreskowego jako klucza dostępu do bazy danych zawierającej niezbędne do identyfikacji konkretnego detalu informacje oraz zdjęcia. W efekcie, zastosowane stanowisko pozwoliło na zaoszczędzenie przestrzeni magazynowej dotychczas wykorzystywanej jako przestrzeń przeznaczona do składowania detali wzorcowych oraz w znaczący sposób przyspieszyło szybkość prac związanych z identyfikacją dostarczanych do przedsiębiorstwa detali. Dzięki mobilnemu stanowisku pracownik nie musi każdorazowo pobierać wzorca ze strefy poglądowej, ponieważ niezbędne do identyfikacji informacje zawarte zostały w bazie danych obsługiwanej przez aplikację i czytnik kodów kreskowych.

Podsumowując, wykorzystanie kodów kreskowych w celach identyfikacyjnych z pewnością jest rozwiązaniem dużo lepszym niż bazujące na strefie detali poglądowych.

Techniki bazujące na kodach kreskowych stale się rozwijają. Początkowo kody kreskowe dawały możliwość kodowania bardzo wąskiego zakresu informacji, z czasem powstały kody matrycowe zwane również dwuwymiarowymi, których pojemność w znacznym stopniu się zwiększyła. Współcześnie powstają różnego rodzaju złożone symboliki, które już dzisiaj mogą stanowić swego rodzaju przemieszczającą się wraz z produktem bazę danych. Dalszy rozwój kodów kreskowych może doprowadzić do powstania symbolik tak pojemnych, że będą dawały możliwość kodowania w nich niezbędnych do identyfikacji danych bez potrzeby stosowania wewnętrznych bazy danych.

LITERATURA

- [1] **Z. Dudziński, M. Kizyn:** *Vademecum Gospodarki Magazynowej*. Wyd. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o., Gdańsk (2002)
- [2] **K. Grzybowska:** *Gospodarka zapasami i magazynowaniem. Część 2. Zarządzanie magazynem*. Wyd. Difin, Warszawa (2010)
- [3] **E. Hałas:** *Kody kreskowe i inne globalne standardy w biznesie*. Wyd. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań (2012)
- [4] **E. Hałas:** *Kody kreskowe : rodzaje, standardy, sprzęt, zastosowania*. Wyd. Instytut Gospodarki Magazynowej, Poznań (1994)
- [5] http://www.exalt.pl/u92s92pckk56_czytniki_kodow_kreskowych_poradnik_zasada_dzialania.html (dn. 5.12.2015 r.)
- [6] http://www.logistyka.net.pl/slownik-logistyczny/szczegoly/829,paletowe_jednostki_ladunkowe (dn. 10.02.2016 r.)
- [7] **A. Niemczyk:** *Zapasy i Magazynowanie - Tom II Magazynowanie*. Wyd. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań (2008)
- [8] http://www.logistyka.net.pl/slownik-logistyczny/szczegoly/467,kod_kreskowy (dn. 25.11.2015 r.)

BIBLIOGRAFIA

- Arai K., Sekine K.** (1998) *TPM for the Lean Factory*, Productivity Press.
- Bartoloni E.** (2011), *Capital structure and innovation: causality and determinants*, Springer Science+Business Media, LLC.
- Bessant J., Tidd J.** (2013), Zarządzanie innowacjami. Integracja zmian technologicznych, rynkowych i organizacyjnych, Wolters Kluwer. .
- Canibano L., Garcia – Ayuso M., Sanchez M. P.** (2001), *Shortcomings in the Measurement of Innovation: Implications for Accounting Standard Setting*, Journal of Management and Governance, Kluwer Academic Publishers.
- Castano – Martines M-S.** (2012), Product innovation and R&D policy: the case of the transformation in-dustries in developed and developing, Springer Science+Business Media.
- Chlebus E.** (2000), Techniki komputerowe Cax w inżynierii produkcji, WNT, Warszawa.
- Dolińska M.** (2006), *Kapitał intelektualny a innowacje*, *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, nr 8.
- Drucker P. F.** (1999), *Spółczeństwo pokapitalistyczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
- Dudziński Z., M. Kizyn** (2002), *Vademecum Gospodarki Magazynowej*. Wyd. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o., Gdańsk
- Durlik I.** (2007) *Inżynieria zarządzania cz.1*, wydanie VII uzupełnione. Wyd. Placet, Warszawa.
- Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich 93/42/EWG** z dnia 14 czerwca 1993r. dotycząca wyrobów medycznych, Dz.U. L 169 z 12.7.1993
- Grzelak K., Kowalczyk S.** (2014), *Organizacja procesów obróbki i montażu części maszyn i urządzeń*, WSiP, Warszawa.
- Grzybowska K.** (2010), *Gospodarka zapasami i magazynowaniem. Część 2. Zarządzanie magazynem*. Wyd. Difin, Warszawa.
- Hagenhoff S.** (2008), *Innovationsmanagement für Kooperationen*, Universitätsverlag Göttingen.
- Halas E.** (2012), *Kody kreskowe i inne globalne standardy w biznesie*. Wyd. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Halas E.** (1994), *Kody kreskowe : rodzaje, standardy, sprzęt, zastosowania*. Wyd. Instytut Gospodarki Magazynowej, Poznań
- Hamrol A.** (2005), *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Horbach J.** (2013), Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg,

- Janiak M., Kalinkowski A.** (1974), *Normalnotorowe wagony PKP. Opisy i charakterystyki techniczno-eksploatacyjne*, WKŁ, Warszawa.
- Januszewski A.** (2008), *Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania. TOM II, Systemy Business Intelligence*, PWN, Warszawa.
- Jurczyk-Buńkowska M., Kucińska-Landwójtowicz A.** (2013)., *Wykorzystanie pomiarów jakości w planowaniu procesów innowacji*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, Nr 2.
- Kacalak W., Makuch S., Balasz B., Cincio R.** (2004), *The Simulation of Polishing Processes as Basis for Designing New Grinding Tools*, Industrial Simulation Conference 2004, Malaga, Hiszpania, str. 61-65
- Kielec R.**: (2003), *Metoda planowania procesów produkcyjnych z uwzględnieniem sprzężeń zwrotnych*, Uniwersytet Zielonogórski.
- Lipiński D., Kacalak W., Krzyżyński T.** (2002), *On the Hybrid System of Complex Diagnosis of Machining Processes*, Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks, Volume 12, New York, pp. 951-957.
- Mark R. Hamel**, (2006), *Warsztaty Kaizen*, Lean Enterprise Institute Polska
- Masaaki Imai**, (2004), *Kaizen, klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii*.
- Matuszak M.**, (2011), *Charakterystyka systemów pomiarowych do badań parametrów dynamicznych procesu mikrofrezowania*, Automatyka, Tom 15, Zeszyt 2.
- Monografia (2007), *KGHM Polska Miedź S.A. – Lubin*.
- Niemczyk A.** (2008), *Zapasy i Magazynowanie - Tom II Magazynowanie*. Wyd. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań
- Oslo Manual**, (2005), *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd OECD and Eurostat.
- Pająk E.** (2006), *Zarządzanie Produkcją* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Perez-Bustamante G.**, (1999), *Knowledge management in agile innovative organizations*, Journal of Knowledge Management, t. 3, nr 1.
- Pérez-Luño A., Valle Cabrera R., Wiklund J.** (2007), *Innovation and Imitation as Sources of Sustainable Competitive Advantage*, Management Research, vol. 5(2).
- Pilch T.**, (1977), *Zasady badań pedagogicznych*, Wrocław – Warszawa – Kraków - Gdańsk, WSiP, str. 45, ISBN 83-86770-00-7
- Pilch T., Bauman T.** (2001), *Zasady badań pedagogicznych. Strategie ilościowe i jakościowe*, Warszawa „Żak”, str. 80, ISBN 978-83-620151-6-0
- Polska Norma PN-EN ISO 13485:2012**, *Wyroby medyczne - Systemy zarządzania jakością - Wymagania do celów przepisów prawnych*, PKN, Warszawa, 2012
- Polska Norma PN-EN ISO 9001:2009**, *Systemy zarządzania jakością - Wymagania*, PKN, Warszawa, 2009
- Seiichi Nakajima** (1989), *TPM Development Program*, Productivity Press.
- Surma J.** (2009), *Business Intelligence: Systemy wspomaganie decyzji biznesowych*, PWN, Warszawa.
- Tarnowski W.** (1997), *Podstawy projektowania technicznego*, WNT.

- Ustawa** z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych, Dz.U., nr 107, poz. 679
- White S.A.** (2004), *Business Process Modeling Notation*, Business Process Management Initiative (BPMI).
- Zębala W.** (2010), Minimalizacja błędów obróbki przedmiotów cienkościennych, *Inżynieria Maszyn*, R. 15, z. 3.
- Zięba M., Oster P.**, (2011), Innowacyjność w małych i średnich przedsiębiorstwach, *E-mentor* nr 3 (40).
- http://www.przygonska.org.pl/metody_badan.htm Przygońska E., *Metody badań*, [dostęp: 16.12.2015]
- www.cemed.info/rozdzial02.html (23.11.2015)
- www.tuv.com/pl/poland/o_nas/magazyn_jakosc/jakosc_02_2015/polskie_wyroby_medyczne_zdobywaj_wiatowe_rynki/polskie_wyroby_medyczne_zdobywaj_wiatowe_rynki.html (23.11.2015)
- http://www.logistyka.net.pl/slownik-logistyczny/szczegoly/467,kod_kreskowy (dn. 25.11.2015 r.)
- http://www.exalt.pl/u92s92pckk56_czytniki_kodow_kreskowych_poradnik_zasada_dzialania.html (dn. 5.12.2015 r.)
- http://www.logistyka.net.pl/slownik-logistyczny/szczegoly/829,paletowe_jednostki_ladunkowe (dn. 10.02.2016 r.)
- <http://www.laminart.pl/oferta/strona/co-to-jest-laminat-hpl,24>
- <http://www.pfleiderer.pl/laminaty-hpl>
- http://www.tuplex.pl/produkt,51,Plyty_HPL
- www.iso.podkarpackie.com.pl/artykuly/konferencja/Andrzej_Pacana.pdf (23.11.2015)
- www.centrum.jakosci.pl/wdrazenie-szj,etapy-wdrazania.html (23.11.2015)
- www.mfiles.pl/pl/index.php/Wdra%C5%BCanie_systemu_zarz%C4%85dzania_jako%C5%9Bci%C4%85 (23.11.2015)
- www.jakosc.biz/liczba-certyfikatow-iso-9001-znowu-spada-czyli-iso-survey-2012 (23.11.2015)
- <http://pl.numberempire.com/factorialcalculator.php>

AUTORZY

Marcin Bac Absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

Karol Dąbrowski Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: k.dabrowski@cptt.uz.zgora.pl

Dominik Golec Absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

Julian Jakubowski, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.jakubowski@iizp.uz.zgora.pl

Roman Kielec, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: r.kielec@iizp.uz.zgora.pl

Sławomir Klos, dr hab. inż., prof. UZ, Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: s.klos@iizp.uz.zgora.pl

Marta Kowalska Studentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

Michalina Kubiak, Absolwentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

Anna Kuryś, Studentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

Kamil Leksycki Park Naukowo-Technologiczny Uniwersytetu Zielonogórskiego Sp. z o.o. e-mail: K.Leksycki@pnt.uz.zgora.pl

Justyna Patals-Maliszewska, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.patals@iizp.uz.zgora.pl

Marek Salamaj dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: m.salamaj@iizp.uz.zgora.pl

Katarzyna Skrzypek Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: k.skrzypek@iizp.uz.zgora.pl

Paweł Wabno absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

Iwona Wawrzyńkiewicz absolwentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji