



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

*Jakość  
Prognozowanie  
Modelowanie*

Pod redakcją:  
Juliana Jakobowskiego  
Sławomira Kłosa  
Justyny Patalas-Maliszewskiej

# 7 i P

# 8

# **INŻYNIERIA PRODUKCJI**

*Jakość, prognozowanie, modelowanie*

Pod redakcją:  
Julina Jakubowskiego  
Justyny Patalas-Maliszewskiej  
Sławomira Kłosa

Zielona Góra 2014



**UNIwersytet Zielonogórski**  
**Rada Wydawnicza Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją**  
Josef Baśl, Julian Jakubowski, Sławomir Kłos,  
Justyna-Patalas-Maliszewska, Michał Sąsiadek, Roman Stryjski, Waldemar Woźniak



**Autorzy rozdziałów:**

- Rozdział 1:** Marek Kokot, Justyna Krakowiak  
**Rozdział 2:** Justyna Patalas-Maliszewska, Małgorzata Pancer-Bryjak  
**Rozdział 3:** Julian Jakubowski, Magdalena Powałowska  
**Rozdział 4:** Sławomir Kłos, Tomasz Nalewa  
**Rozdział 5:** Tadeusz Szmigielski, Dobiesław Drajczyk  
**Rozdział 6:** Waldemar Woźniak, Martyna Płomińska  
**Rozdział 7:** Krzysztof Kujawa, Tadeusz Szmigielski, Paweł Bochanysz  
**Rozdział 8:** Marek Sałamaj, Mateusz Siekacz

Redaktorzy naukowi:

**Julian Jakubowski**  
**Justyna Patalas-Maliszewska**  
**Sławomir Kłos**

**Recenzenci:**

prof. Irene Krebs, dr hab. inż. Roman Stryjski, prof. UZ

© Copyright by Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją  
Zielona Góra 2014

**ISBN: 978-83-933843-5-8**



## Spis treści

Przedmowa .....	4
<b>Rozdział 1</b>	
Praca zdalna jako szansa efektywniejszego wykorzystania zasobów ludzkich w przedsiębiorstwach .....	6
<b>Rozdział 2</b>	
Prognozowanie użytecznej wiedzy w przedsiębiorstwie transportowym .....	16
<b>Rozdział 3</b>	
Zastosowanie wybranych metod prognozowania w inżynierii jakości .....	34
<b>Rozdział 4</b>	
Badanie efektywności procesów produkcyjnych na przykładzie VSM, jako jednej z metod eliminacji Muda Produkcji .....	50
<b>Rozdział 5</b>	
Analiza jakościowa procesu frezowania uzębień w firmie NORD Napędy na przykładzie wybranego detalu .....	68
<b>Rozdział 6</b>	
Reinżynieria procesów zaopatrzenia w planowaniu materiałów szybko i długo rotujących na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa .....	82
<b>Rozdział 7</b>	
Podciśnieniowa metoda pobierania próbki do oceny składu chemicznego .....	93
<b>Rozdział 8</b>	
Automatyzacja procesów produkcyjnych i kontroli jakości .....	100
Bibliografia .....	107

## PRZEDMOWA

*Systematyczne uporządkowanie najlepszych praktyk działalności podmiotów gospodarczych będzie wtedy użyteczne i efektywne, gdy zostanie zapisane w postaci modeli referencyjnych. Modele procesów gospodarczych umożliwiają budowanie spójnej mapy informacyjnej organizacji. Pozwalają na dokonanie wnikliwej analizy parametrów modelowanej aktywności.*

*Książka podejmuje tematykę jakości, prognozowania i modelowania procesów zachodzących w rzeczywistości gospodarczej. Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom prognozowania w inżynierii jakości, m.in. prognozowaniu użytecznej wiedzy w przedsiębiorstwach. Celem opracowania jest przedstawienie koncepcji teoretycznych i praktycznych rozwiązań w obszarze zastosowania modelowania procesów gospodarczych.*

*W rozdziale pierwszym przedstawiono zagadnienie pracy zdalnej. Podjęcie tego typu pracy daje wiele możliwości zarówno pracodawcy jak i pracownikowi. W Polsce nie jest ona tak bardzo popularna, jednakże coraz większa dostępność Internetu i coraz większa świadomość zalet pracy w domu, powoli zmienia przyzwyczajenia i coraz więcej osób decyduje się na taką formę zatrudnienia. Zaprezentowano historię powstania pracy zdalnej, zalety i wady płynące z jej stosowania oraz korzyści, jakie można osiągnąć stosując tego typu formę zatrudnienia.*

*Wiedza w przedsiębiorstwie jest zazwyczaj gromadzona w bazach danych, jest również przekazywana poprzez dostępne narzędzia wspomagające zarządzanie wiedzą w celu pozyskania użytecznej wiedzy. W rozdziale drugim zaprezentowano autorskie modele wspomagające podejmowanie decyzji na podstawie dostępnej wiedzy jawnej przedsiębiorstwie. Scharakteryzowano narzędzia wspomagających zarządzanie Wiedzą. Następnie pokazano przykłady przechowywania wiedzy jawnej w przedsiębiorstwie transportowym oraz wskazano na główne potrzeby w zakresie zarządzania wiedzą. W konsekwencji zaprojektowano modele prognostyczne wspomagające podejmowanie decyzji na podstawie dostępnej wiedzy przy zastosowaniu metody regresji liniowej oraz pokazano użyteczność stosowania proponowanych modeli wspomagających podejmowanie decyzji. procedury prognozowania rozwoju przedsiębiorstwa.*

*W rozdziale trzecim zaprezentowano możliwości zastosowania wybranych metod prognozowania w zarządzaniu jakością. Stwierdzono, że zarówno w prognozowaniu jak i zarządzaniu jakością wykorzystywany jest podobny aparat matematyczny. Podkreślono, że wiele narzędzi stosowanych w prognozowaniu zostało zaadoptowanych do zarządzania jakością (MNK, regresja, linia trendu, analiza Pareto, itp.). Pokazano zasadność stosowania narzędzi jakościowych w przedsiębiorstwach.*

*W rozdziale czwartym zaprezentowano wyniki badań, które potwierdzają założenie, że wdrożenie filozofii Lean Manufacturing pozwala zoptymalizować procesy wytwórcze, a tym samym w widoczny sposób zredukować koszty związane z produkcją. W przedsiębiorstwie, które stosuje filozofię Lean każde działanie i każdy ruch powinny wpływać na większą wartość produktu, a tempo produkcji powinno być zgodne z tym, co wyznacza*

czas taktu, oraz dostosowane do wymagań klientów, tak by zaspokoić ich potrzeby bez kumulowania zapasów. Zastosowanie metod takich jak 5S, Kaizen, TPM, Value Stream Mapping, Kanban itp. prowadzi do wyeliminowania wszystkich wymienionych typów MUDA.

W rozdziale piątym przedstawiono problematykę procesu frezowania uzębienia koła o zębach skośnych związaną z dużym rozrzutem zarysu bocznego pomiędzy lewą a prawą stroną zęba, co prowadziło do utrudnień podczas dalszej obróbki. Badania wykazały, że główną przyczyną był poślizg koła spowodowany niedostatecznym dociskiem podczas frezowania. Zmiana docisku z płaską powierzchnią przylegania na docisk z zębami ustabilizowała proces nacinania uzębienia, a zatem zdecydowanie poprawiła jakość procesu

W rozdziale szóstym zaproponowano koncepcję usprawnienia procesu zaopatrzenia w jednym z polskich przedsiębiorstw branży spożywczej. Głównym założeniem projektowanego rozwiązania było zoptymalizowanie taktycznego planowania materiałowego oraz całościowego planowania operacyjnego w badanym przedsiębiorstwie, tak aby podejmowane decyzje były możliwie najkorzystniejsze z punktu widzenia przyjętej strategii i/lub minimalizacji kosztów całkowitych. W chwili obecnej analizowane przedsiębiorstwo cechuje się funkcjonalnym podejściem do realizowanych zadań, co powoduje, iż kierownictwo nie zdaje sobie sprawy z zachodzących procesów w poszczególnych podsystemach organizacji. Negatywnym tego skutkiem jest narastający zapas jednego z materiałów o krytycznym czasie dostawy, co sugeruje konieczność zidentyfikowania, analizy i reorganizacji zachodzących procesów zaopatrzeniowych.

W rozdziale siódmym poruszono problem odlewania i przygotowania próbek ze stopów Al-Si do badań na spektrometrach emisyjnych. Przedstawiono nową metodę odlewania podciśnieniowego, w której założono pominięcie czerpania ciekłego stopu z kadzi/tygla za pomocą metalowej łyżki oraz odlewania grawitacyjnego. Opisano budowę oraz sposób wytwarzania podciśnienia we wnęce formy. Przedstawiono wyniki stopnia wypełnienia formy dla stopów Al-Si z wykorzystaniem zaproponowanej metody i formy.

W rozdziale ósmym przedstawiono zagadnienia związane z automatyzacją procesów produkcyjnych w połączeniu z kontrolą jakości. Ponadto poruszono terminologię dotyczącą komputerowej kontroli jakości, która na co dzień wspiera procesy produkcyjne w różnych przedsiębiorstwach i firmach produkcyjnych. Dodatkowo, omówiono aktualny stan rozwiązań poddawanych kontroli jakości oraz zaproponowano niezależną platformę pomiarową R2D2, która precyzyjnie i wydajnie wspierałaby w działaniach personel działu kontroli jakości.

Przekazując do rąk czytelnika niniejszy tom poświęcony w całości jakości, prognozowaniu i modelowaniu procesów gospodarczych mamy nadzieję, że ułatwi on dokonanie struktur przedsiębiorstw. Książka jest wynikiem wspólnej pracy badaczy problematyki i studentów.

Życzymy przyjemnej i pożytecznej lektury.

Autorzy



# **PRACA ZDALNA JAKO SZANSA EFEKTYWNIJSZEGO WYKORZYSTANIA ZASOBÓW LUDZKICH W PRZEDSIĘBIORSTWACH**

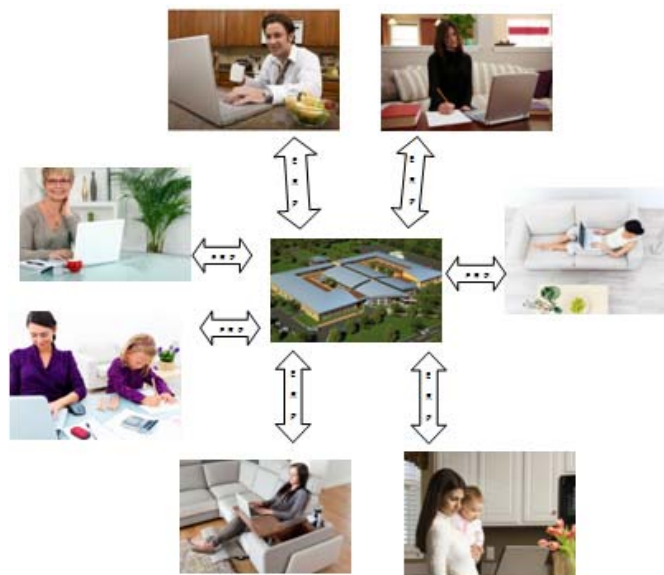
## **1. PRACA ZDALNA**

Aby zrozumieć istotę tematu należy na wstępie wyjaśnić pojęcie pracy zdalnej. Pomimo że system został wymyślony na przełomie lat 60-tych i 70-tych XX wieku, jego popularność jak i wiedza na ten temat nie jest zbyt szeroka. Ma to także swoje odzwierciedlenie w ubogiej literaturze na ten temat.

W czasach rosnącego dostępu do technologii informatycznych zmienia się forma pracy i zatrudnienia. Coraz więcej osób przy wykonywaniu obowiązków służbowych wykorzystuje Internet, a praca poza biurem w firmie już nie stanowi dla nikogo zaskoczenia. Na zachodzie pracownicy wykonujący swoją pracę w ten sposób stanowią już 15% osób pracujących, natomiast w Polsce liczba takich pracowników z roku na rok systematycznie rośnie. Obecnie praca nie zawsze oznacza, że musimy rano wstać i udać się do siedziby firmy. Coraz popularniejsza staje się praca zdalna, która w Polsce nie jest jeszcze tak rozpowszechniona jak w innych krajach. Na czym właściwie polega praca zdalna?

Za ojca idei pracy zdalnej czyli telepracy, uznawany jest amerykański fizyk Jack Nilles, kierujący pracami nad projektami raket, pojazdów kosmicznych oraz systemów komunikacyjnych dla NASA. Jednym z ważniejszych problemów z jakimi się zmagał przy tych projektach były ich ogromne koszty. Zastanawiał się dlaczego nie korzystano z nowoczesnych, jak na tamte czasy, zdobyczych techniki, aby w lepszy i sprawniejszy sposób wykonywać swoje zadania. Poszukiwał alternatywnych sposobów pracy, tak, aby ograniczyć koszty pracy np. poprzez wyeliminowanie konieczności dojazdów do pracy. Przełomem było zadane przez jednego z jego projektantów pytanie: "Jeśli wy, naukowcy, możecie umieścić człowieka na Księżycu, dlaczego nie potraficie zrobić coś z ulicznymi korkami?". Odpowiedź na to pytanie stało się kamieniem milowym dla pracy zdalnej, w której to praca dociera do pracownika a nie pracownik do pracy (Janiec M., Czerniak T., Kreft W., Piontek R., 2006).

Praca zdalna, inaczej zwana telepracą lub biurem w domu, polega na wykonywaniu obowiązków służbowych poza siedzibą firmy i przesyłaniu gotowych efektów pracy do pracodawcy za pomocą Internetu lub innych technologii teleinformatycznych (DeMarco T., Lister T., 2002). Miejsca wykonywania pracy zdalnej mogą być bardzo różne i właściwie nie są niczym ograniczone. Pozwala to każdemu pracownikowi przygotować swoje miejsce pracy tak, aby było ono optymalnym tylko dla niego, dzięki czemu zwiększa się efektywność pracy. Idee pracy zdalnej pokazuje rysunek 1.1.



Rys.1.1. Schemat działania pracy zdalnej

Ta nowatorska forma zatrudnienia jest nie tylko sposobem na walkę z bezrobociem, ale także doskonałym bodźcem do osobistego rozwoju zawodowego. Co ciekawe, pracę na zasadach elastycznych form zatrudnienia, można wykonywać w pełnym lub niepełnym wymiarze godzin. Pracownik ustala z pracodawcą listę obowiązków wraz z harmonogramem ich wykonania. Sam ustala sobie czas, w którym je zrealizuje, przez co rozliczany jest za zadania, a nie za czas spędzony w pracy. Jest to wygodne dla pracownika, który może w spokoju pracować w zaciszu własnego domu bez konieczności podejmowania trudu niejednokrotnie długiego i żmudnego dojazdu do pracy. Daje też również dużo możliwości dla osób podejmujących się różnych zleceń, ponieważ praca zdalna pozwala na podjęcie współpracy praktycznie z każdym klientem, niezależnie od lokalizacji jego firmy. Obecnie obserwuje się, że wiele firm nastawia się na zatrudnianie stałych etatowych pracowników, którzy mogą pracować zdalnie. Praca zdalna, nazywana jest także telepracą, a to ze względu na fakt, że do jej wykonywania używa się technicznych nowości i Internetu. Warto tu podkreślić, że praca zdalna to przede wszystkim idealne rozwiązanie dla młodych matek, które nie chcą przerywać kariery a jednocześnie jest dla nich bardzo ważne, by przebywać w domu z dzieckiem. Taką formę zatrudnienia powinno również spierać Państwo, gdyż zamiast płacić zasiłki dla matek mogą one same zarabiać na sobie jednocześnie nie martwiąc się o dziecko, żłobek lub przedszkole.

Głównym problemem z pracą zdalną jest to, że pracownik sam musi organizować sobie czas pracy, a nie zawsze jest to proste. Natura ludzka ma to do siebie, że często wszystkie zadania pozostawiamy sobie na ostatnią chwilę. Dlatego do tej pory pracodawcy bardzo ostrożnie podchodzili do tego typu pracy. Warto jednak zaznaczyć, że praca zdalna jest w zasadzie korzystna także dla pracodawcy, bowiem może on a nie

musi przygotować stanowiska pracy dla pracownika, który woli pracować w domu. Nic, zatem dziwnego, że praca zdalna powoli staje się trendem. Coraz więcej firm proponuje swym pracownikom tego typu pracę. Jednakże, jeśli pracodawca ma obawy związane z przydatnością pracownika do pracy zdalnej, istnieje możliwość połączenia tradycyjnej pracy z pracą zdalną. Polega to na dzieleniu czasu pracy np. około połowy planowanego czasu pracy pracownik ma spędzić w biurze, a drugą połowę w domu (Lech P., 2003).

Polska na tle innych krajów europejskich w dziedzinie pracy zdalnej nie wygląda zbyt imponująco. Tylko jeden procent pracowników jest zatrudnionych na zasadach pracy zdalnej. Powodem tego może być cały czas negatywne podejście do tej formy zatrudnienia, gdyż z przeprowadzonych ankiet wynika, że tylko 25 % firm deklaruje możliwość wprowadzenia pracy zdalnej. Aby radykalnie zmienić istniejący stan rzeczy, potrzebne są nie tylko lepsze połączenia telekomunikacyjne i uregulowania prawne, ale przede wszystkim zmiana mentalności pracodawców. Pracodawca musi zrozumieć, co to jest praca zdalna. Zdecydowana większość pracodawców traktuje pracę zdalną tylko, jako formę zatrudniania kobiet wychowujących dzieci oraz osób niepełnosprawnych, czego w żaden sposób nie potwierdzają statystyki. Jest wręcz przeciwnie. Wśród pracowników zdalnych dominują wysoko wykwalifikowani mężczyźni. Pracodawca musi także podejść do zadaniowego sposobu wykonywania pracy (Chmielewska J., Harnik I., Kuzak B., Przebinda M., 2008). Niestety większość pracowników wciąż jest oceniana za czas, jaki spędza, siedząc na krześle przed monitorem, a nie za faktyczną efektywność pracy i realizację zadań. Powoduje to, że wielu pracownikom płaci się za czatowanie, handlowanie na Allegro, rozmowy na GG albo za korzystanie z Facebooka.

Zastanawiając się nad wprowadzeniem w przedsiębiorstwie pracy zdalnej, w pierwszej kolejności należy przeanalizować, które czynności można wykonywać poza siedzibą firmy przy użyciu środków masowego przekazu tj. Internetu. Do najbardziej popularnych branż, w których można znaleźć zatrudnienie w formie pracy zdalnej, należą: consulting, przetwarzanie danych komputerowych, programowanie komputerowe, usługi finansowe, księgowość, sprzedaż, marketing oraz wolne zawody tj.: dziennikarze, architekci, projektanci, tłumacze, korektorzy tekstów, redaktorzy (Moczydłowska J., 2010).

Przykładem takiego stanowiska może być grafik komputerowy lub projektant stron WWW. Narzędziem w tych stanowiskach pracy jest komputer i intelekt pracownika. Taki pracownik może, więc pracować w zaciszu własnego domu. Praca ich nie wymaga specjalistycznego sprzętu, jedynie oprogramowania. Efekty swojej pracy swobodnie mogą wysyłać przez Internet lub umieszczać w tzw. chmurze. Tak samo wygląda sprawa z pracownikiem zajmującym stanowisko projektanta lub konstruktora. Posiadając w domu niezbędne oprogramowanie może projektować maszynę lub część maszyny i efekty swojej pracy przysyłać do biura lub do reszty zespołu w celu złożenia projektu w całość. Może również wprowadzać niezbędne zmiany do projektu i przekazywać bezpośrednio na produkcję. Jeżeli spojrzeć na analizowane zawody pod kątem zmian gospodarczych, zwiększać się będzie liczba stanowisk umożliwiających pracę zdalną. Również w obecnych czasach istnieje już dużo takich zawodów, które można wykonywać niezależnie od lokalizacji zatrudniającego nas przedsiębiorstwa (Moczydłowska J., 2010).

Firmy, które dążą do podnoszenia swojej konkurencyjności, zmuszone są do poszukiwania oszczędności, np. poprzez uelastycznianie form zatrudniania. Pozwalają one na lepsze gospodarowanie zasobami ludzkimi, zmniejszenie kosztów pracy, łagodzenie skutków bezrobocia. Funkcjonowanie przedsiębiorstwa w warunkach zmiennej sytuacji gospodarczej oraz wahań na rynku powoduje występowanie okresów wzrostu i spadku aktywności przedsiębiorstw. Ma to zasadniczy wpływ na spadek zapotrzebowania na stałych pracowników, zatrudnionych na podstawie umowy na czas nieokreślony i w pełnym wymiarze czasu pracy. Zwrot w kierunku zatrudniania pracowników na odległość stanowi w przypadku niektórych przedsiębiorców alternatywę dla redukcji zatrudnienia (Janiec M., Czerniak T., Kreft W., Piontek R., 2006).

Pracodawcy zwracają uwagę na to, że praca zdalna jest stosunkowo tania gdyż nie wymaga od nich tworzenia nowych stanowisk pracy. Mimo to nadal są sceptycznie nastawieni, czasem bardziej niż sami pracownicy. Rozwój elastycznych form zatrudnienia jest ceniony przez pracowników, korzystny z ich punktu widzenia np. kobiet, które chcą godzić obowiązki zawodowe z wychowaniem dzieci czy też osób niepełnosprawnych. Jest to także dogodna forma zatrudnienia dla wysoko wykwalifikowanych specjalistów z niektórych dziedzin, ceniących swój czas, a także dla tych, którzy szukają dodatkowego zatrudnienia. Praca zdalna może być także szansą dla regionów słabiej rozwiniętych gospodarczo oraz ich mieszkańców. Dla pracodawców - możliwością poszukiwania pracowników w rejonach, gdzie koszty wynagrodzenia są najniższe. Z drugiej strony jednak trzeba pamiętać o ochronie praw pracownika, przeciwdziałać nadużyciom i łamaniu przepisów Kodeksu Pracy, zgłaszanym przez pracowników zdalnych (Auksztol J., Bałwierz P., Chomuszek M., 2010).

Praca zdalna jak każdy system zatrudnienia ma swoje wady i zalety. Ich ilości oraz wielkość ma znaczenie, kiedy pracodawca rozpatruje możliwości jej wdrożenia lub kiedy pracownik zastanawia się nad wykonywaniem obowiązków w tym systemie. Zalety pracy zdalnej, jakie powinien wziąć pod uwagę pracodawca, są następujące (Auksztol J., Bałwierz P., Chomuszek M., 2010):

- wzrost produktywności pracowników,
- oszczędności na najmie oraz kosztów biurowych,
- zmniejszenie rotacji załogi,
- redukcja absencji spowodowanej chorobą,
- większa konkurencja na rynku pracy,
- decentralizacja,
- mniej konfliktów w pracy.

Wzrost produktywności pracowników wynika z tego, iż często okazuje się, że pracownicy zdalni, którzy pracują z domu, stają się bardziej efektywni niż gdyby pracowali w zakładzie pracy. Wynika to z następujących czynników:

- mniej dystrakcji,
- wdzięczność,
- lepsze zarządzanie czasem,
- rozliczanie za efekty,
- szybszy powrót do pracy po porodzie.

Słowo dystrakcja oznacza rozproszenie uwagi lub czynnik przeszkadzający w skupieniu uwagi. W warunkach „domowych” można to zjawisko wyeliminować prawie całkowicie, co jest trudne do zrobienia w miejscu gdzie pracuje wiele osób. Można, zatem stwierdzić, iż mniej dystrakcji tym więcej pracownik może się skoncentrować na wykonywaniu swoich zadaniach, dzięki czemu jest bardziej skupiony i popełnia mniej błędów (Moczyłowska J., 2010).

Wdzięczność jest czynnikiem trudnym do zdefiniowania i opisanie jednakże Ma wielki wpływ na efektywność. Pracownik dzięki pracy zdalnej zyskuje szereg dodatkowych korzyści, w związku, z czym zależy mu na dobrych wynikach. Chce by przełożony był z niego i z efektów jego pracy zadowolony i nie miał powodów do odwołania go z systemu pracy zdalnej. Według Telework 2011: A Worldat Work Special Report (USA 2011), pracodawcy i pracownicy traktują możliwość pracy zdalnej za nagrodę.

Biorytm orgazmu ludzkiego jest również ważnym czynnikiem wpływającym na efektywność pracy. Dzięki pracy zdalnej pracownik może wykonywać swoje czynności w czasie najbardziej produktywnym dla siebie np. bardzo wcześnie rano lub późno w nocy. Ma to również związek z chronotypem osobowości ludzkiej, tj. sowa lub skowronek.

Wielkim atutem pracy zdalnej, jest rozliczanie za końcowe efekty. Pracownik w tym systemie jest wynagradzany wprost proporcjonalnie do efektów swojej pracy. Jest to najlepsze rozwiązanie, w przypadku, kiedy pracodawca obawia się utraty kontroli nad pracownikiem.

Szybszy powrót do pracy po porodzie jest argumentem przemawiającym za zatrudnianiem do pracy zdalnej przede wszystkim kobiet. Możliwość pracy w domu umożliwia młodym matkom stosunkowo szybkie wznowienie pracy, choćby na część etatu, bez konieczności dojeżdżania do siedziby firmy i pozostawienia dziecka pod opieką babci lub niani. Z jednej strony kobieta nie ponosi kosztów związanych z dojazdami do żłobków lub przedszkoli, co wydłuża całkowity czas podróży do pracy, z drugiej strony mając dziecko przy sobie jest spokojniejsza, mniej zestresowana, co powoduje, że jest efektywniejsza w pracy. Choć jak wynika z historii pracy zdalnej, główną jej zaletą miało być zmniejszenie natężenie ruchu ulicznego, to okazało się, że właśnie wzrost produktywności pracowników przynosi najwięcej korzyści dla firm, które to z kolei przekładają się na zwiększenie ich zysku.

Drugim czynnikiem zwiększającym potencjalne zyski firm, są oszczędności, jakie uzyskuje się na zmniejszeniu kosztów związanych z najmem pomieszczeń biurowych. W zależności od ilości godzin spędzanych przez pracowników w biurze, takie jest zapotrzebowanie na miejsce do pracy. Im więcej i częściej pracownicy mogą wykonywać swoją pracę poza zakładem pracy, tym mniejsze jest zapotrzebowanie na powierzchnię biurową. Pracownik w biurze to nie tylko koszt najmu, lecz również artykuły biurowe, meble, media a nawet większa eksploatacja ogólnodostępnego sprzętu (kserokopiarka, drukarka). Dobrą okazją do wdrożenia programu pracy zdalnej jest przeprowadzka do nowej siedziby.

Zmniejszenie rotacji załogi, dzięki pracy zdalnej, ma wpływ na atrakcyjność pracodawcy. Możliwość wyboru systemu pracy daje pracownikowi dodatkowe możliwości w sytuacji kryzysowej. Pracownicy czują się bezpiecznie mając

świadomość, iż w przypadku zdarzenia losowego wymagającego częstszego pobytu poza biurem mają szansę na zmianę systemu pracy bardziej pasującego do ich położenia. Pracownicy mogą czerpać więcej satysfakcji z pracy, co zmniejsza ich potrzebę i chęć zmiany pracodawcy.

Praca zdalna redukuje również absencje spowodowane chorobami oraz innych czynnikami. Pracownicy zdalni mogą sobie dowolnie ustawiać czas pracy, ponieważ jest rozliczany z wykonanego zadania a nie z czasu realizacji. Ponadto, jeśli pracownik lub dziecko pracownika faktycznie zachoruje, nie będzie on musiał brać chorobowego, ponieważ swoją pracę wykonuje w domu. Także pracownice zdalne będące w ciąży, dzięki pracy zdalnej, mogą znacznie dłużej wykonywać swoje obowiązki w zaciszu swojego domu, w komfortowych dla siebie warunkach. Dzięki takiemu rozwiązaniu ograniczają pracodawcy koszty związane z zatrudnieniem osoby na zastępstwo.

Większa konkurencja na rynku pracy, ma szczególne znaczenie, kiedy stanowisko, na które pracodawca szuka pracownika może być wykonywane w systemie pracy zdalnej. Pozwala to pracodawcy na rozszerzenie obszaru poszukiwania pracownika. Nie musi się ograniczać jedynie do lokalnego rynku pracy, może szukać pracowników na terenie całej Polski. Ma to swoje zalety gdyż umożliwia zatrudnienie specjalistów, których może brakować na lokalnym rynku pracy oraz na stanowisko o mniejszych kwalifikacjach może zatrudnić pracowników z regionów o niższych wynagrodzeniach. Niesie to za sobą realne oszczędności.

Decentralizacja, czyli rozproszenie procesów biznesowych, dzięki pracy zdalnej sprawia, że firma może kontynuować działalność w przypadku nagłych wypadków. W polskim biznesie decentralizacja również ma wiele zalet. Firmie stosującej system pracy zdalnej łatwiej się rozrastać, ponieważ nie musi przejmować się kosztami dodatkowych powierzchni biurowych i jest bardziej elastyczna.

Mniej konfliktów w pracy to kolejna zaleta systemu pracy zdalnej. Im więcej firma zatrudnia pracowników zdalnych, tym mniejszy odsetek osób pracujących na miejscu w biurze, a co za tym idzie mniej relacji interpersonalnych na miejscu. Oznacza to ograniczenie zarówno liczby konfliktów w zakładzie pracy, jak i „biurowego politykowania”. Dodatkowo, praca zdalna może mieć również znaczący wpływ na zmniejszenie ryzyka występowania mobbingu i molestowania seksualnego w pracy (Wieczerzycki W., 2012).

Praca zdalna jak każdy system zatrudnienia ma również swoje cienie. Wady pracy zdalnej można podzielić w następujący sposób:

- konieczność posiadania niezawodnej infrastruktury telekomunikacyjnej,
- mniejsze bezpieczeństwo informatyczne,
- praca poza pewnym systemem społecznym
- potrzeba odpowiedniej organizacji pracy,
- konieczność efektywnego zarządzania czasem,
- kłopoty z oddzieleniem życia rodzinnego od pracy,
- brak kontroli pracodawcy nad pracownikiem.

Pierwszym i koniecznym warunkiem, aby pracownik zdalny mógł skutecznie wykonywać swoją pracę i przysyłać efekty swojej pracy do biura, niezbędne jest dostępowanie do niezawodnej sieci telekomunikacyjnej. Jeszcze parę lat temu, jakość oferowanych

łącz Internetowych jak i ich cena pozostawiały wiele do życzenia. Dziś konkurencja wymusiła obniżenie stawek za korzystanie z sieci a rozwój nowoczesnych, bezprzewodowych sposobów korzystania z Internetu (systemy LTE posiadają znacznie szybszy transfer danych niż na złączu stacjonarnym) praktycznie wyeliminowało problem z dostępem do odpowiedniej infrastruktury.

Praca zdalna stwarza także nowe wyzwania z punktu widzenia bezpieczeństwa przepływu informacji. Pracownik zdalny wykonując swoje obowiązki, przesyła wyniki swojej pracy przez Internet. Jest to najbardziej niebezpieczny moment, w którym może dojść do przechwycenia danych. Dodatkowym zagrożeniem jest rutyna, która powoduje, że po pewnym czasie pracownik przestaje przykładać wagę do zachowania podstawowych elementów bezpieczeństwa. W dzisiejszych czasach bazy danych zawierają wiele informacji w tym bardzo newralgicznych np. nr kont bankowych lub dane na temat zdrowia. Utrata ich, co pokazała już historia, może przynieść katastrofalne skutki dla firm (Janiec M., Czerniak T., Kreft W., Piontek R., 2006).

Pracownicy zdalni nie mają bezpośredniego kontaktu z przełożonymi, ani ze współpracownikami. Po pewnym czasie mogą się oni czuć wyobcowani. Alienacja tego typu może mieć negatywny wpływ na rezultaty wykonywania pracy zdalnej. Pracownik może poczuć się nawet więźniem we własnym domu. Może też odczuwać brak nieformalnych kontaktów towarzyskich ze współpracownikami, tj. przerw na kawę, czy rozmów podczas posiłków. Aby zniwelować ten negatywny aspekt pracy zdalnej pracownik zdalny powinien jak najczęściej spotykać się z własnymi znajomymi, a podczas wizyt w miejscu pracy, poświęcać czas na nieformalne rozmowy. Dlatego też wybierając system pracy zdalnej przyszły pracownik powinien wiedzieć czy taki styl pracy mu odpowiada. Praca zdalna, jako że nie wymaga odpowiedniej prezencji od pracownika, może wpłynąć na jego zaniedbanie. Człowiek przestaje się ubierać, cały dzień spędza w piżamie lub w szlafroku, pracując przy monitorze komputera ([www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne](http://www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne)).

Osoby decydujące się na pracę zdalną muszą posiadać umiejętność dobrej organizacji czasu i samodyscypliny. Osoby mniej zorganizowane mogą nie poradzić sobie z terminowym wykonywaniem powierzonych zadań. Czasem brak odpowiedniej kontroli i pokierowania działań powoduje, że obniża się wydajność pracownika. Praca zdalna wymaga samodzielnego dopingowania się do bardziej wytężonej, a co za tym idzie także bardziej efektywnej pracy. Istnieje wyraźna potrzeba organizowania pracy z dużą samodzielnością, odpowiedzialnością i konsekwencją.

Jeśli pracownik zdalny nie potrafi dobrze zarządzać swoim czasem, może się okazać, że zadanie, na którego realizację w biurze w firmie potrzebowały 6 czy 8 godzin, w domu będzie wykonywać je przez 12 lub 14 godzin. Praca zdalna ma to do siebie, że może być rozciągnięta nawet na cały dzień wliczając to noc. Trzeba posiadać dużo samodyscypliny, aby wykonywać ją w określonych godzinach.

Innym bardzo poważnym problemem jest posiadanie umiejętności oddzielenia życia rodzinnego od pracy. Przy biegających po domu dzieciach, przypalającym się obiedzie, czy hałasującym sąsiedzie, trudno jest się skupić na wykonywaniu obowiązków zawodowych. Wiele osób uważa, że skoro pracuje się w domu, to można wykonywać przy okazji wszystkie obowiązki domowe. Jest to bardzo mylne pojmowanie pracy zdalnej. Należy wyraźnie rozgraniczyć sobie czas na obowiązki zawodowe jak i czas na

obowiązki wobec rodziny. Ważne jest przekonanie, że w wyznaczonych godzinach, pomimo, że fizycznie siedzimy w domu, to jednak jesteśmy w pracy i nie powinien nas nikt zaprzętać innymi zadaniami do wykonania.

Brak kontroli pracodawcy nad pracownikiem należy do barier związanych z mentalnością, czyli przyzwyczajeniem do starych sposobów pracy. Duża część z nich na początku wprowadzenia systemu zdalnego narzeka na brak możliwości kontrolowania postępów pracownika w powierzonym zadaniu. Dlatego aby jak najbardziej efektywnie wykorzystać możliwości, jakie daje praca zdalna, bardzo ważne jest ustalenie na samym początku wynagradzania za wykonaną pracę a nie za czas jej realizacji ([www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne](http://www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne)).

Praca zdalna ma swoich zagorzałych zwolenników jak i przeciwników. Analizując teorię trudno jest określić, kto ma rację. Jednak większość fachowców z dziedziny zarządzania skłaniała się do tezy o większej ilości atutów pracy zdalnej niż do jej negatywnych skutków. Unia Europejska także postanowiła wykazać, jaki wpływ na pracowników krajów europejskich ma praca zdalna. Przeprowadzono więc ogólnoeuropejskie badanie pod nazwą SUSTEL. Wyniki wykazały wzrost wydajności pracowników pracujących w systemie pracy zdalnej, we wszystkich krajach, w których zostały przeprowadzone badania. Uzyskane wyniki badań zawarto w tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Wyniki badania SUSTEL ([www.zdalniej.pl](http://www.zdalniej.pl))

Formy działań	Dania	Niemcy	Włochy	Holandia	UK	Irlandia
Wzrost wydajności	63,8 %	80,9 %	65,4 %	69,6 %	60,1 %	72,2 %
Wzrost jakości pracy	68,1 %	66,2 %	76,9 %	65,2 %	56,9 %	66,7 %
Całkowity wzrost produkcji	21,3 %	42,6 %	46,2 %	34,8 %	50,5 %	38,9 %
Większa kreatywność	2,1 %	29,4 %	26,9	30,4 %	28,7 %	50,0 %
Inne	-	5,9 %	-	4,3 %	5,3 %	-

Jak widać w krajach, w których rozwinęła się praca zdalna, przynosi ona pracodawcom wzrost efektywności pracowników a to wiąże się z ich większymi zyskami. Eksperti i pracodawcy mają nadzieję, że nowe przepisy Kodeksu Pracy, postęp technologiczny i zmiany w strukturze zatrudnienia spopularyzują zatrudnienie w systemie pracy zdalnej również w Polsce. Dynamiczny rozwój Internetu ma znaczący wpływ na wzrost liczby użytkowników. Pozwala to na rozszerzenie się internatów o grupy społeczne dotychczas nieobecne. Wyniki sondażu przeprowadzonego w 2008r. przez Centrum Badania Opinii Społecznej (CBOS) potwierdzają, że większość dorosłych Polaków, tj. 57 % posiada w domu komputer osobisty. W stosunku do roku 2007 grupa ta zwiększyła się o 6 %. Z możliwości Internetu korzysta blisko połowa ogółu dorosłych, czyli około 48 %. Internet stał się powszechnym kanałem dostępu do



dóbr i usług. Miejscem działalności artystów i dziennikarzy. Ponad jedna czwarta ogółu zatrudnionych ma pracę wymagającą stałego dostępu do sieci. W niedalekiej przyszłości, co jedenasty dorosły ma zamiar (według własnych deklaracji) być użytkownikiem Internetu. Badania wskazują, że wyraźny wzrost liczby użytkowników jest możliwy wśród osób z wykształceniem średnim i zasadniczym zawodowym. Co dziewiąta osoba twierdzi, że zacznie korzystać z zasobów sieci. Niestety, osoby liczące 55 i więcej lat w zdecydowanej większości nie korzystają z Internetu. Zaktywizowanie tej grupy pracowników po przez pracę zdalną, może przynieść wielkie korzyści finansowe nie tylko im samym, ale także budżetowi Państwa.

W 2009r. przeprowadzono badania w wyniku, których wykazano, iż, największym zagrożeniem dla pracy zdalnej w Polsce były wysokie ceny usług telekomunikacyjnych. Podkreślano, że ceny są wyższe niż krajach zachodnich. Miało to związek ze słabą konkurencją na rynku telekomunikacyjnym. Można by się pokusić o stwierdzenie, że TP S.A. jest monopolistą i utrzymuje zawyżone ceny za usługi. W dzisiejszych czasach ta sytuacja uległa zmianie. Obecnie na rynku mamy dużo operatorów oferujących różnego rodzaju usługi telekomunikacyjne i formy dostępu do Internetu. Dużą przeszkodą, według badanych, była także ograniczona terytorialnie dostępność części usług telekomunikacyjnych. To także uległo zmianie na przestrzeni lat, jednak i obecnie zdarzają się miejsca, w których jest brak dostępu do Internetu. Wielu respondentów twierdziło, że w Polsce brakuje ogólnie dostępnej, wyczerpującej i wiarygodnej informacji na temat pracy zdalnej. Potencjalni oraz aktualni pracownicy zdalni są zainteresowani takimi zagadnieniami, jak (Chmielewska J., Harnik I., Kuzak B., Przebinda M., 2008):

- ogłoszenia o pracę,
- opisanie wszystkich dostępnych w Polsce rodzajów pracy zdalnej,
- poznanie zróżnicowanych przykładów udanej kariery w tym systemie.

Pracodawcy natomiast chcący zatrudniać w systemie pracy zdalnej, szukają przede wszystkim informacji o (Chmielewska J., Harnik I., Kuzak B., Przebinda M., 2008):

- ekonomicznych korzyściach zatrudnienia pracowników zdalnych,
- możliwości zmiany tradycyjnej metody pracy części pracowników,
- modelach zarządzania gwarantujących zachowanie kontroli nad pracownikami zdalnymi.

Pozytywne doświadczenia i opinie pracowników zdalnych zwracają uwagę na takie pozytywne aspekty tej formy zatrudnienia, jak ([www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne](http://www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne)):

- oszczędność czasu i pieniędzy w związku z brakiem konieczności dojazdu do pracy,
- możliwość decydowania o własnych zarobkach,
- decydowanie o nakładzie pracy,
- samodzielne ustalanie czasu pracy według własnych preferencji,
- bardziej efektywna praca,
- większa odpowiedzialność,
- większe poczucie satysfakcji zawodowej,

- bardziej uczciwe zasady oceny pracownika, nie liczy się jego wygląd, układy koleżeńskie, styl pracy, tylko efekty działania,
- pozytywne relacje między współpracownikami, mniej konfliktów,
- uniknięcie złych efektów kultury korporacyjnej, tzw. "wyścigu szczurów",
- komfort psychiczny, spokojna atmosfera, brak ciągłego nadzoru przełożonych.

### 3. WNIOSKI

Podsumowując praca zdalna może stać się, w przyszłości, motorem do rozwoju przedsiębiorczości w wielu krajach. Przy wykorzystaniu nowoczesnych systemów informatycznych, może być wykonywana w dowolnym miejscu. Jedynym warunkiem jest dostęp do Internetu. Dotychczasowe badania nad pracą zdalną przedstawiają obraz pozytywnych doświadczeń związanych z tym systemem pracy. Mogą one stanowić zachętę dla potencjalnych pracowników zdalnych oraz pracodawców chcących zatrudniać w tym systemie. Z drugiej strony praca zdalna może również stworzyć bariery w rozwoju i społecznej akceptacji tej formy zatrudnienia ([www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne](http://www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne)). Ograniczenie słabych stron pracy zdalnej pozwoli na jej spopularyzowanie w większym stopniu. Największe bariery dla wprowadzenia pracy zdalnej, z perspektywy potencjalnych oraz aktualnych pracowników zdalnych, to ([www.zdalniej.pl](http://www.zdalniej.pl)):

- niepodpisywanie przez pracowników zdalnych umów o pracę, ma to wpływ na brak poczucia bezpieczeństwa, zapewnienia regularnych dochodów,
- ograniczone oferty pracy,
- pracodawcy uważają pracowników zdalnych za pracowników gorszej kategorii, nie mają do nich zaufania,
- obawa przed utratą kontaktów międzyludzkich, izolacją społeczną, strach przed nowym, przyzwyczajenie do tradycyjnej metody pracy.

# PROGNOZOWANIE UŻYTECZNEJ WIEDZY W PRZEDSIĘBIORSTWIE TRANSPORTOWYM

## 1. WPROWADZENIE

Zarządzanie wiedzą można rozpatrywać w aspekcie zarządzania wiedzą spersonalizowaną (wiedzą przynależąca do ludzi, którą można podzielić na usystematyzowaną i sprecyzowaną wiedzę jawną oraz gromadzoną wraz ze wzrostem doświadczenia, niesprecyzowaną wiedzę cichą) oraz w aspekcie zarządzania wiedzą skodyfikowaną (wiedzą, która pozostaje w organizacjach nawet bez obecności w niej ludzi) (Kłak M., 2010). Wiedza w przedsiębiorstwie, zarówno jawna jak i ukryta, podlega ciągłej konwersji w czterech procesach: (1) socjalizacji (przekształcanie wiedzy z ukrytej w ukryta podczas spotkań, dzielenie się doświadczeniem, relacja mistrz-uczeń), (2) eksternalizacji (uzewnętrznienie wiedzy ukrytej podczas dialogów i jej przekształcanie w wiedzę jawną), (3) kombinacji (zmiana wiedzy jawnej w jawną, związana m.in. z systematyzowaniem, uzupełnianiem wiedzy oraz zmianą kontekstu), (4) internalizacji (zamiana wiedzy jawnej w wiedzę ukrytą, uczenie się; występuje tu dowolność interpretacyjna nabytych doświadczeń) (Nonaka I., Takeuchi H., 2000).

Zarządzanie wiedzą to biznesowy model interdyscyplinarny, łączący aspekty ekonomiczne, pedagogiczne, zarządzania, psychologiczne oraz technologie informacyjne (Trajek J., Paszek A., Iwan S., 2012).

Dalsze rozważania w artykule skoncentrowano na wiedzy skodyfikowanej (jawnej) dostępnej w bazach danych przedsiębiorstwa transportowego. Do bazy danych występujących w przedsiębiorstwie i stanowiących dla niego obecnie źródło wiedzy należą: dane elektroniczne przechowywane w przedsiębiorstwie, programy i miejsca do przechowywania danych elektronicznych o towarach, kontrahentach, cennikach, przechowywane dokumenty i zapisy (drukowane). Bardzo trudnym zagadnieniem w przedsiębiorstwie jest pozyskanie z dostępnych baz danych wiedzy użytecznej, której zastosowanie pozwoli na bardziej sprawne działanie organizacji na rynku i osiągnięcie trwałej przewagi konkurencyjnej.

W artykule podjęto próbę sformułowania modeli prognostycznych na podstawie dostępnej wiedzy w przedsiębiorstwie w celu wspierania decyzji przedsiębiorstwa. W rozdziale drugim rzetelnie scharakteryzowano dostępne narzędzia usprawniające zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach. W rozdziale trzecim dokonano dostępnej wiedzy w rozważanym przedsiębiorstwie oraz wskazano najważniejsze problemy w aspekcie pozyskiwania użytecznej wiedzy. W rozdziale czwartym zaprojektowano modele decyzyj-

ne w oparciu o metodę regresji liniowej i zaprezentowano ich praktyczne zastosowanie. W podsumowaniu przedstawiono wnioski z przeprowadzonych badań.

## 2. NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE ZARZĄDZANIE WIEDZĄ

Narzędzia wspomagające zarządzanie wiedzą można traktować jako technologie wspomagające generowanie, kodyfikację i transfer wiedzy (Ruggles R., 1997). Zdefiniowano, na podstawie literatury przedmiotu, (Woźniak K., 2005), (Gierszewska G., 2011) następujące narzędzia zarządzania wiedzą:

- zarządzanie dokumentami - narzędzie wspomagające obszar przetwarzania dokumentów, a tym samym gromadzenia wiedzy zarówno powstałej wewnątrz organizacji, jak i zewnętrznej oraz jej organizowanie, a także uczenia się przedsiębiorstwa. Przykładowe funkcjonalności oprogramowania to prace na dokumentach typu: rejestrowanie, porządkowanie, klasyfikacja, zarządzanie wersjami i obiegiem, archiwizacja., powiadomienia użytkowników o zmianach.
- zarządzanie treścią - narzędzia wspomagające gromadzenie, organizowanie wiedzy oraz uczenie się przedsiębiorstwa. Narzędzia mają za zadanie z jednej strony wspomaganie użytkownika systemu przy wprowadzaniu, organizowaniu, ocenie i prezentacji treści, z drugiej natomiast ułatwienie podejmowania decyzji kierownictwa na bazie treści zgromadzonych.
- portale informacyjne przedsiębiorstwa - narzędzia wspomagające organizowanie, gromadzenie i dzielenie się wiedzą w przedsiębiorstwie. Portale są rozwiniętymi narzędziami zarządzania treścią organizacji i mają na celu rozpowszechniać informację wśród pracowników, przy jednoczesnej możliwości interakcji z jej autorem. Narzędzia korzystają z technologii sieciowych, internetowych, intranetowych oraz bazodanowych.
- automatyczna indeksacja- technika wspomagająca identyfikację, gromadzenie oraz organizowanie wiedzy. Technika wykorzystuje metody sztucznej inteligencji, której rola to automatyczna klasyfikacja i kategoryzacja dokumentów, które są przetwarzane w bazach danych przedsiębiorstwa.
- odwzorowywanie wiedzy- narzędzia wspomagające identyfikację, gromadzenie i organizowanie wiedzy. Narzędzia należące do tej grupy pozwalają na przedstawienie w sposób graficzny zależności pomiędzy różnymi pojęciami i wartościami składającym się na wiedzę organizacyjną i zapisanymi w bazach systemu zarządzania wiedzą organizacji. Należą do nich np. techniki mind-mappingu i wywodzące się z nich mapy wiedzy . Mapy są przydatnym narzędziem do tworzenia wiedzy strategicznej, strukturyzacji wiedzy, zarządzaniu projektami, poszukiwaniu innowacji, wizualizacji projektów i koncepcji, planowaniu.
- zarządzanie procesami operacyjnymi – narzędzia wspomagające gromadzenie, organizowanie wiedzy oraz uczenie się organizacji, dotyczące procesowego aspektu funkcjonowania organizacji. Przykładowymi narzędziami z tej grupy są schematy pracy, procedury i instrukcje organizacyjne, mapy procesów.
- baza wiedzy – narzędzia wspomagające identyfikację, gromadzenie ,organizowanie oraz dzielenie się wiedzą w przedsiębiorstwie. Rozwiązania skupiające się na bazach wiedzy zostały opisane szerzej w pkt.1.3.

- zarządzanie relacjami z klientem (CRM)- narzędzia wspomagające gromadzenie, organizowanie oraz sprzyjające tworzeniu nowej wiedzy.
- hurtownie danych- narzędzia wspomagające identyfikację, gromadzenie, organizowanie oraz sprzyjające tworzeniu nowej wiedzy. Hurtownie to technologie oparte na bazach danych, pozwalające na uporządkowanie danych i zaprojektowane z myślą o prowadzeniu złożonych analiz. Dane w hurtowni są nie tylko przechowywane, ale także uporządkowane, zintegrowane, zagregowane, zasilane przyrostowo i posiadają wymiar czasowy. Hurtownie są podstawą do tworzenia systemów analitycznych np. typu Business Intelligence.
- data mining systems- narzędzia wspomagające identyfikację, organizowanie oraz sprzyjające tworzeniu nowej wiedzy. Data mining to jeden z etapów procesu eksplorowania nawet bardzo ukrytych danych z hurtowni danych, przy użyciu sprzętu komputerowego oraz metod i technik tj. matematyczne, statystyczne, rozpoznawania wzorców, sztucznej inteligencji.
- systemy do wyodrębniania wiedzy ukrytej- narzędzia wspomagające identyfikację, gromadzenie, dzielenia się, tworzenie wiedzy, szczególnie skupione na cennej wiedzy ukrytej. Systemy informatyczne w tym zakresie pomagają w kontaktach pracowników ze specjalistami z danej dziedziny i czerpanie od nich wiedzy niezbędnej do rozwiązywania określonych problemów.
- program najlepszych praktyk – technika wspomagająca obszar dzielenia się wiedzą oraz uczenia się organizacji, mająca na celu upowszechnienie wśród pracowników przedsiębiorstwa najlepszych rozwiązań określonych problemów, technik pracy etc., już wypróbowanych przez innych pracowników. Sposób realizacji techniki odbywa się poprzez: spotkania, szkolenia wewnętrzne, wyjazdy integracyjne, spotkania fokusowe, treningi, coaching, mentoring .
- zespoły wirtualne – narzędzia i techniki wspomagające organizowanie wiedzy, dzielenie się wiedzą (przekazywanie wiedzy ukrytej) oraz organizacyjnemu uczenia się. Zespoły są tworzone przez dopasowanie określonych ludzi, zadań i projektów do siebie, a samo funkcjonowanie zespołu odbywa się przy wsparciu technologii informacyjnych jak m.in. Internet. Elementy brane pod uwagę przy dopasowywaniu w zespoły to doświadczenie i kompetencje osób uczestniczących oraz wymagania stawiane zadaniom.
- społeczność (wspólnoty) praktyków- metoda oparta na spontanicznym tworzeniu się grup ekspertów w przedsiębiorstwie, wspierająca dzielenie się, tworzenie wiedzy i uczenie się organizacji. Polega na tworzeniu się nieformalnych grup pracowników o podobnych zainteresowaniach zawodowych oraz często o podobnych problemach przy rozwiązywaniu zawodowych zadań. Metoda sprzyja wymianie wiedzy ukrytej pomiędzy pracownikami.
- wspomaganie pracy grupowej – narzędzia wspierające dzielenia się oraz tworzenie nowej wiedzy, a także organizacyjne uczenie się. Do systemów informatycznych, które można zaliczyć do narzędzi wspomagania pracy grupowej są m.in. workflow (system przepływu pracy), systemy groupware (oprogramowanie do pracy grupowej), poczta elektroniczna, systemy telekonferencyjne, czat tekstowy i głosowy, dokumenty współdzielone, kalendarze i harmonogram grupowe.

- zarządzanie kapitałem intelektualnym– koncepcja wykorzystująca techniki i metody koncentrujące się na zarządzaniu niematerialnymi aktywami w organizacji czyli wiedzą, doświadczeniem, umiejętnościami, technologią oraz stosunkami z klientami. Koncepcja wspiera identyfikację, gromadzenie wiedzy oraz organizacyjne uczenie się.
- wartościowanie kapitału intelektualnego – narzędzia i techniki wspierające identyfikację wiedzy i jej wartości w organizacji.
- wewnętrzne kompendia wiedzy– narzędzia wspierające gromadzenie i dzielenie się wiedzą w organizacji. Najczęściej występują w formie dokumentów zawierających zbiór regulacji (także prawnych), procedur, standardów funkcjonowania, wskazówek dotyczących działania osoby na określonym stanowisku. Przykładem, gdzie narzędzia mają zastosowanie jest branża ubezpieczeniowa oraz sieci franchisingowe.
- wizyty studyjne– metoda wspierająca dzielenie się, tworzenie wiedzy i uczenie się przedsiębiorstwa, realizowana m.in. poprzez wizyty pracowników danej firmy w innych organizacjach zaprzyjaźnionych i partnerskich, seminaria i konferencje branżowe.
- benchmarking konkurencyjny – kompleksowe metody, techniki i narzędzia wspierające identyfikację istniejącej wiedzy oraz uczenie się organizacji. Benchmarking jest związany z porównaniem różnych obszarów działalności przedsiębiorstwa z wzorcem, za który uznaje się inne przedsiębiorstwa będące liderami w branży. Porównanie ma na celu doskonalenie wspomnianych obszarów, wykrywania najlepszych rozwiązań, wywołanie impulsu do tworzenia nowych.
- nauka na odległość (e-learning) - techniki komunikacyjne i metody dydaktyczne oparte o wykorzystanie narzędzi informatycznych (tj. Internet, sprzęt komputerowy, cyfrowa telewizja, sieć komputerowa i telefoniczna), wspierające organizacyjne uczenie się. E-learning umożliwia zmotywowanym pracownikom kształcenie, samokształcenie i doskonalenie się przy pomocy aplikacji informatycznych, bez konieczności wyjazdów, co jest dużą zaletą z punktu widzenia finansów przedsięwzięcia szkoleniowego.
- zarządzanie innowacjami – narzędzia, techniki i metody wspierające procesy tworzenia, gromadzenia i identyfikacji wiedzy do których należą m.in. bazy danych, eksperymenty, badania, doświadczenia, metoda „burzy mózgów”, techniki mind-mappingu.

Należy również zaznaczyć, że można wyróżnić tzw. „metody miękkie”, wspomagające zarządzanie wiedzą, odnoszące się do kierowania ludźmi i opierających na tworzeniu wiedzy poprzez bezpośrednią wymianę informacji i relacje międzyludzkie (Gierszewska G., 2011):

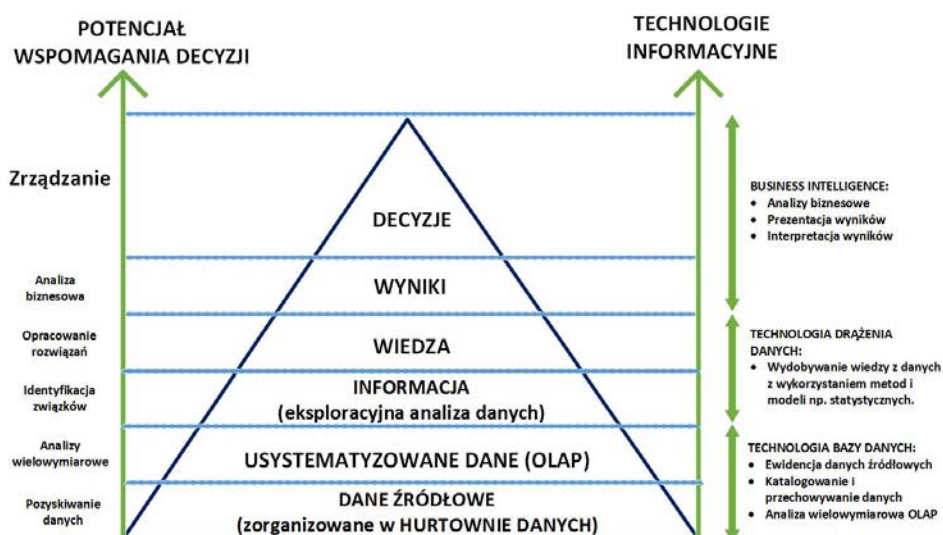
- wewnętrzne kompendia wiedzy,
- wizyty studyjne,
- społeczność (wspólnoty) praktyków,
- coachin i mentoring,
- szkolenia.

Negatywną cechą metod miękkich jest brak możliwości bezpośredniego pomiaru ich skuteczności, co niejednokrotnie może skutkować pozostawieniem jej stopnia wątpli-

wym. Niemniej jednak metody te są niezbędnym elementem do budowania i kształtowania kultury organizacyjnej, tak istotnej przy wdrożeniu koncepcji zarządzania wiedzą w organizacji.

Dodatkowo narzędziem wspomagającym zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach są rozwiązania informatyczne Business Intelligence (BI), które mogą zostać zaadoptowane także na potrzeby przedsiębiorstw transportowego.

J. Trajek, A. Paszek, S. Iwan podają definicję Business Intelligence jako etap piramidy informatycznego wspomaganie decyzji biznesowych na podstawie danych, służącego do wykonywania analiz biznesowych, prezentacji wyników oraz ich interpretacji, które mają na celu właśnie wsparcie procesu decyzyjnego lub nawet wskazywać bezpośrednio rozwiązania [Trajek J., Paszek A., Iwan S., 2012]. Schemat powyżej wspomnianej piramidy przedstawiono poniżej (Rys. 2.1.).



Rys. 2.1. Piramida informatycznego wspomaganie decyzji biznesowych w oparciu o dane,  
opr. własne na podstawie (Trajek J., Paszek A., Iwan S., 2012)

Jednym z najistotniejszych elementów architektury BI są hurtownie danych, które dają możliwość ujednoczenia oraz powiązania danych, pochodzących z różnych systemów w przedsiębiorstwie.

Oprócz powyższych metod, służących do wspomaganie zarządzania wiedzą, wykorzystywane są także metody statystyczne. W nawiązaniu do Business Intelligence, jedną z metod statystycznych jest metoda regresji liniowej. Regresja pozwala na estymowanie (wnioskowanie statystyczne) wartości losowej zmiennej „y” (tzw. objaśnianej), dla znanych i zadanych wartości zmiennej będącej podstawą do wnioskowania, czyli zmiennej objaśniającej „x”. Podsumowując – regresja jest metodą pozwalającą na ocenę zależności

między wybranymi zmiennymi. Ponadto jako metoda do prognozowania pewnych zjawisk, podaje zależności pomiędzy danymi historycznymi, umożliwiając tym samym prognozowanie trendu. Przykładowym typem metody jest regresja liniowa, która zakłada liniowy model zależności pomiędzy zmiennymi (Koronacki J., Ćwik J., 2005).

W celu sformułowania modelu prognostycznego mogą być stosowane różne programy m.in. Statistica ver. 10. Jest to pakiet oprogramowania do celów statystycznych i analitycznych, firmy StatSoft, Inc. Narzędzie daje możliwość analizy statystycznej, zarządzania danymi, wizualizację wyników w postaci wykresów oraz raportowania. Przykład tworzenia modelu regresji oraz wykorzystania programu Statistica, zostało przedstawione w dalszej części artykułu.

### 3. WIEDZA JAWNA W PRZEDSIĘBIORSTWIE TRANSPORTOWYM

Analizowana firma usługowa jest firmą transportową (kurierską) sektora MŚP, która powstała w 2002 roku. Jest firmą córką niemieckiej firmy, która jest jednym z większych dostawców usługi transportu kurierskiego na terenie części zachodniej Niemiec. Analizowana firma zajmuje się organizacją transportu przesyłek na terenie Polski oraz na terenie Europy, łącznie z ich odprawą importową i eksportową w Głównym Hubie Przeladunkowym (znajduje się w miejscowości pod Zieloną Górą). Główną działalnością przedsiębiorstwa jest import towarów otrzymywanych z zagranicznych systemów transportowych oraz eksport towarów od polskich klientów i partnerów do krajów europejskich.

Wybrana firma kooperuje z zagranicznymi systemami transportowymi, od których otrzymuje przesyłki importowe oraz do których nadaje przesyłki eksportowe. Systemy opisywane na potrzeby artykułu zostały oznaczone NXX, DXX, KXX, IXX.

Dane elektroniczne są przechowywane w przedsiębiorstwie w następującej formie:

Narzędzie systemowe KM:

- dane o towarach poddawanych procesowi transportu,
- dane o kontrahentach,
- dane o partnerach na terenie kraju i zagranicznych,
- dane o kierowcach prezentowanej firmy,
- dane o cennikach zakupu i sprzedaży usług,
- dane pocztowe o kodyfikacji krajów, ulicach i regionach,
- dane o głównych świętach w danych krajach,
- dane o pojazdach prezentowanej firmy.

Foldery:

- dane dot. pracowników (delegacje, pełnomocnictwa do korzystania z aut, pełnomocnictwa odbioru towaru, formularze do przyjęcia pracowników, plan pracy pracowników),
- dane dotyczące aut (ewidencje zużycia paliwa, napraw, rejestracji, schematy wielkości aut),
- dane raportowe i zestawieniowe (raporty jakościowe doręczeń DXX, wag towarów importowych i odbiorowych systemu NXX, raporty zestawieniowe towarów next day na Polskę, raporty przyjęcia towaru systemu NXX, raporty odbioru towaru dla



systemu NXX, raporty statusów towarów systemu NXX, skanowane dowody dostawy),

- dowody z weryfikacji towarów,
- dane funkcjonowania systemów ( pliki instalacyjne, dane źródłowe, bazy danych przesyłek importowych i eksportowych zarchiwizowane na dany dzień),
- dane księgowo i fakturowe (rejestr faktur wchodzących, raporty kasowe, reklamacje- rejestr i opisy)
- cenniki dla klientów i partnerów,
- formularze różnego zastosowania (formularz zamówienia, formularze raportowe do partnerów z zagranicy),
- dane prawne ( zasady współpracy w obrębie systemów transportowych, regulamin firmy, prawo CMR),
- dane firmy (KRS, NIP, REGON),
- instrukcje pracy biura i magazynu, używania skanera doręczeń,
- foldery pracownicze do przechowywania danych roboczych utworzonych podczas pracy,
- dane kontaktowe do partnerów,
- zlecenia od klienta,
- zlecenia dla partnerów,
- oferty dla klientów i partnerów,

Programy operacyjne online systemów DXX, IXX, KXX:

- dane o towarach z możliwością nadania statusów dla towarów,
- statystyki jakościowe i ilościowe obsługi towarów systemowych (DXX),
- dane o partnerach,
- informacje systemowe odnośnie różnych zdarzeń ( problemach dot. routingu, świętach, problemach z kontaktem do partnerów, błędnych danych, opóźnieniach etc...),
- dane rozliczeniowe (clearingowe –dla IXX, KXX),
- cenniki (dla KXX, IXX).

Platformy internetowe do logowania przez użytkowników systemu (DXX):

- zasady współpracy,
- cenniki,
- formularze,
- raporty jakościowe i ilościowe,
- raporty podsumowujące z corocznych spotkań (jakościowe, ilościowe, nowości).

Outlook Express:

- e-mile typu Newsletter z systemu NXX z informacjami o zmianach systemowych (cennikach, danych teleadresowych partnerów, typowo transportowych kwestiach operacyjnych, regulacjach świątecznych etc.),
- e-mile typu Newsletter z systemu DXX z informacjami o zmianach systemowych i regulacjach operacyjnych.

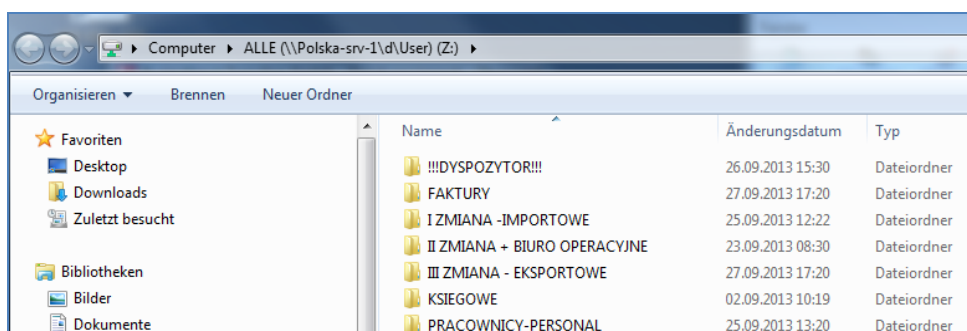
Programy i miejsca do przechowywania danych elektronicznych o towarach, kontrahentach, cennikach:

- główny system operacyjny (KM),
- programy systemowe ( DXX , IXX, KXX),
- program Access dostosowany do potrzeb organizacji,
- platformy internetowe do logowania przez użytkowników systemu,
- partycja z danymi operacyjnymi dostępne na serwerze (katalogi danych elektronicznych).

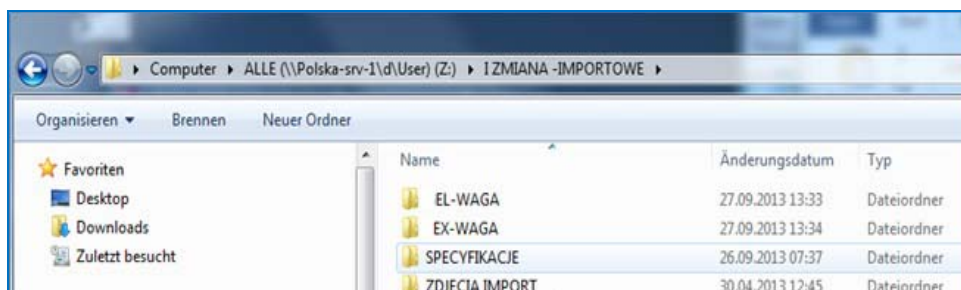
Przechowywane dokumenty i zapisy (drukowane):

- faktury wraz z załącznikami dla klientów i partnerów,
- faktury zewnętrzne,
- reklamacje od klientów i do partnerów,
- listy eksportowe (do potwierdzenia wywozu towaru) i importowe (awizacje towaru na imporcie),
- zlecenia od klientów, partnerów w Polsce i partnerów systemowych z zagranicy,
- dokumenty zwrotne (potwierdzenia odbioru towaru na terenie Polski),
- instrukcje pracownicze,
- regulamin,
- dokumenty dot. pracowników (dokumenty utajnione do dyspozycji Zarządu i Dyrektora),
- dokumenty dot. firmy (dokumenty utajnione do dyspozycji Zarządu i Dyrektora).

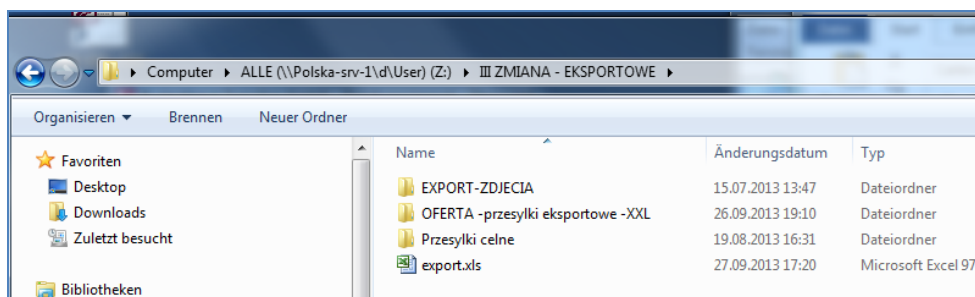
Na serwerze do którego wydzielonej części dostęp mają wszyscy pracownicy znajdują się katalogi danych elektronicznych. Dane w katalogach są skategoryzowane wg ustalonego klucza podziału związanego z rolami i odpowiedzialnościami pracowników w organizacji. Kategoryzacja wiedzy w obszarze katalogów danych została przedstawiona na rysunkach (Rys.2.2.- Rys.2.6.).



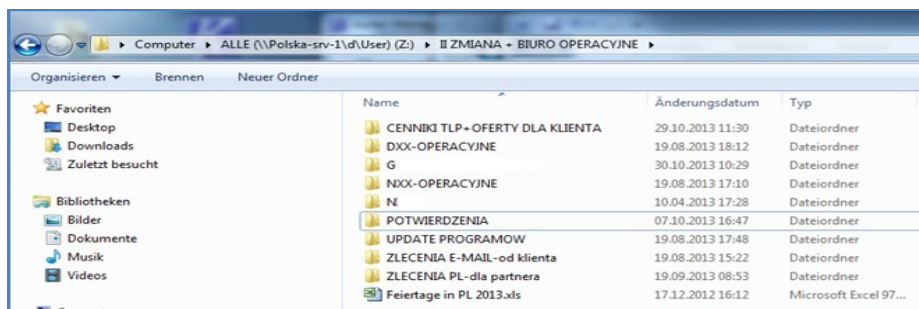
Rys. 2.2. Widok głównych katalogów danych skategoryzowane na serwerze, opr. własne



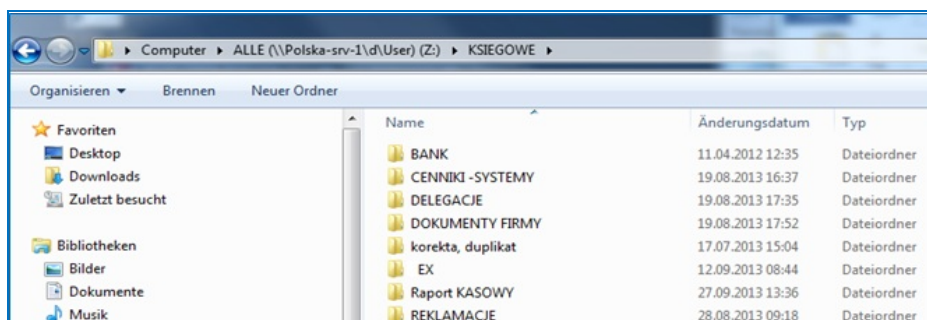
Rys. 2.3. Widok podkatalogów danych w katalogu dot. zmiany importowej, opr. własne



Rys. 2.4. Widok podkatalogów danych w katalogu dot. zmiany eksportowej, opr. własne



Rys. 2.5. Widok podkatalogów danych w katalogu dot. bezpośredniej obsługi klienta, opr. własne



Rys. 2.6. Widok podkatalogów danych w katalogu dot. finansowego rozliczenia klienta, opr. własne

Mimo złożoności systemu KM z którego korzysta wybrane przedsiębiorstwo, wśród kadry wyższego szczebla (Dyrektor, Specjalista ds. koordynacji biura i projektów), zrodziły się następujące potrzeby, którym posiadany system nie jest w stanie sprostać, oraz nie jest możliwe w tym momencie wzbogacenie systemu o poniższe funkcjonalności:

- 1) brak możliwości przeszukiwania systemu pod kątem konkretnego roku wprowadzenia danych o transportowanych towarach do systemu (istnieje tylko możliwość przeszukiwania po dacie, miesiącu wprowadzenia do systemu lub całość bazy). Brak powyższej funkcjonalności zawęża możliwość tworzenia analiz w systemie w odniesieniu do pełnego okresu rozliczeniowego np. ilość towarów w danym roku. Dostępność powyższej informacji może pozwolić na określenie poziomu wzrostu udziału w rynku kurierskim.
- 2) brak możliwości zestawiania i porównywania więcej niż jednego parametru (brak możliwości wprowadzenia złożonych warunków zapytań do systemu) np. łączna ilość, waga i gabaryt przesyłek danego klienta, doręczonych przedterminowo do Wielkiej Brytanii, nadawane w konkretnym roku i miesiącu, w serwisie express, przy założeniu, że poszczególna wysyłka nie przekraczała 100 kg wagi rzeczywistej, gabarytu 0,8 m<sup>3</sup>. Brak powyższej funkcjonalności zawęża możliwość tworzenia analiz np. pod kątem marketingowym oraz pod kątem operacyjnym. Oczekiwane jest że dostępność wspomnianych analiz związana będzie z przyspieszeniem podejmowania decyzji odnośnie np. ofert dla klienta, czy też przygotowania do zwiększonej ilości towaru od klienta.
- 3) brak możliwości ciągłej weryfikacji skuteczności partnerów systemowych (np. NXX, DXX) np. poprzez bezpośrednie wyliczanie przez system ilości dni przewidywanych i rzeczywistych potrzebnych na doręczenie oraz zestawienie powyższych wartości. Posiadanie powyższej funkcjonalności może pozwolić na konstruowanie ofert dla klientów uwzględniających więcej czynników biznesowych.

- 4) brak możliwości bezpośredniego i szybkiego uzyskania z systemu informacji na temat gabarytów towarów, w celu dostosowania możliwości transportowych np. dla danego klienta w danym okresie.
- 5) brak możliwości prognozowania trendów ilości towaru w danym okresie, w celu dostosowania możliwości transportowych. Funkcjonalność prognozowania może pozwolić na zmniejszenie ilości opóźnień w dostawach, związanych z brakiem możliwości przewiezienia towarów do punktów przeładunkowych i bezpośrednio do punktów doręczających (możliwość generowania awizacji prognoz ilości towaru). Finalnie funkcjonalność może wpłynąć na polepszenie świadczonego serwisu, zwiększenie zadowolenie klienta, a tym samym potencjalnie zwiększyć zyski organizacji.

W związku z mnogością systemów transportowych, baz danych i programów oraz idącymi za tym kosztami czasowymi i finansowymi przedsięwzięcia wdrażania nowego systemu, na obecną chwilę nie ma możliwości implementacji w przedsiębiorstwie jednego rozwiązania np. typu Business Intelligence. Podjęto zatem próbę zaprojektowania własnych narzędzi usprawniających zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie.

#### **4. MODELE RPOGNOSTYCZNE UŻYTECZNEJ WIEDZY W PRZEDSIĘBIORSTWIE**

W celu zaprojektowania modeli decyzyjnych wspomagających zarządzanie wiedzą w analizowanym przedsiębiorstwie zastosowano program Statistica ver. 10 oraz utworzoną w programie Excel bazę wiedzy na potrzeby niniejszej analizy. W bazie wiedzy zostały utworzone dodatkowe arkusze z danymi (oddzielnie dla serwisu wysyłkowego express i express plus) przygotowane tak, aby możliwe było bezpośrednie zacytowanie istotnych danych do programu Statistica. Za dane szczególnie istotne dla analizy opóźnień towarów w miesiącu grudniu uznano dane z kolumny:

- „DATA NADANIA”;
- „RÓŻNICA W DNIACH DORECZENIA "RZECZYWISTE-PRZEWIDYWANE" (0-DORECZENIE NA CZAS, "-DORETCZONO SZYBCIEJ, "+"ILOŚĆ DNI OPÓŹNIENIA W DORECZENIU)”;
- „RÓŻNICA W DNIACH DORECZENIA "RZECZYWISTE-PRZEWIDYWANE"” przy wyeksponowaniu tylko danych gdzie wystąpiło opóźnienie w dostawie,
- „WAGA PRZESYŁKI [kg]”;
- „GABARYT [m3],
- „KRAJ DORECZENIA”.

Analiza regresji pozwala na badanie związku pomiędzy wielkościami liczbowymi danych, dlatego też istotnymi danymi z punktu widzenia regresji dla ustalenia związku: różnicy w ilości dni potrzebnych na doręczenia, a masą lub gabarytem przesyłki oraz

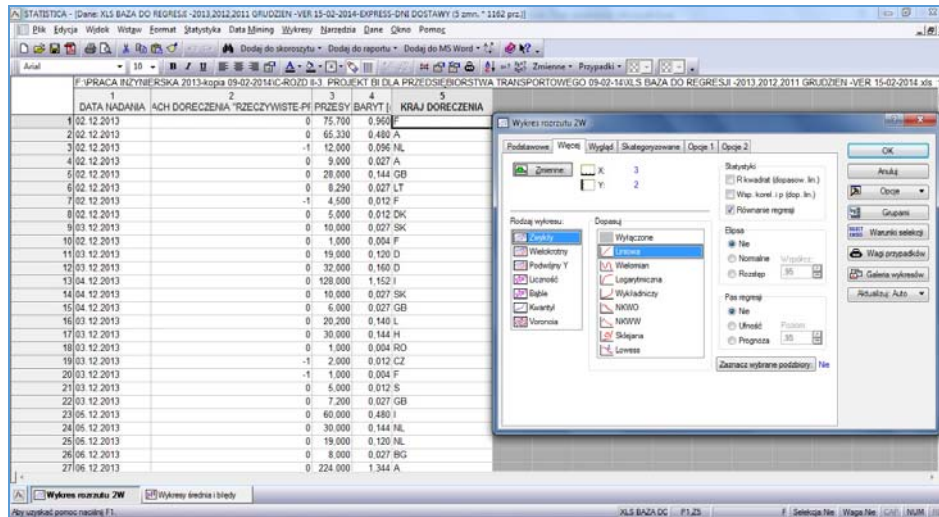
ilości dni opóźnienia w dostawie, a masą lub gabarytem, dla programu Statistica są dane z kolumny:

- „RÓŻNICA W DNIACH DORECZENIA "RZECZYWISTE-PRZEWIDYWANE" (0-DORECZENIE NA CZAS, "-"DORĘCZONO SZYBCIEJ, "+"ILOŚĆ DNI OPÓŹNIENIA W DORECZENIU)",
- „RÓŻNICA W DNIACH DORECZENIA "RZECZYWISTE-PRZEWIDYWANE" przy wyeksponowaniu tylko danych gdzie wystąpiło opóźnienie w dostawie,
- „WAGA PRZESYŁKI [kg]",
- „GABARYT [m3].

Poniżej przedstawiono przykładowe zestawienie danych zaczytywanych z bazy wiedzy Excel do programu Statistica (Rys. 2.7.) oraz widok z eksportu w programie (Rys. 2.8.).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
DATA NADANIA	RÓŻNICA W DNIACH DORECZENIA "RZECZYWISTE-PRZEWIDYWANE" (0-DORECZENIE NA CZAS, "-"DORĘCZONO SZYBCIEJ, "+"ILOŚĆ DNI OPÓŹNIENIA W DORECZENIU)	WAGA PRZESYŁKI [kg]	GABARYT [m3]	KRAJ DORECZENIA									
02.12.2013	0	75.70	0.960	F									
02.12.2013	0	65.35	0.480	A									
02.12.2013	-1	12.00	0.096	NL									
02.12.2013	0	9.00	0.027	A									
02.12.2013	0	28.00	0.144	GB									
02.12.2013	0	6.24	0.027	LT									
02.12.2013	-1	4.50	0.013	F									
02.12.2013	0	5.00	0.012	DK									
02.12.2013	0	19.00	0.027	SK									
02.12.2013	0	1.00	0.005	F									
03.12.2013	0	19.00	0.120	D									
03.12.2013	0	32.00	0.160	D									
04.12.2013	0	128.00	1.152	I									
04.12.2013	0	10.00	0.027	SK									
04.12.2013	0	8.00	0.027	GB									
03.12.2013	0	20.20	0.140	L									
03.12.2013	0	30.00	0.144	H									
03.12.2013	0	1.00	0.005	RO									
03.12.2013	-1	2.00	0.010	CZ									
03.12.2013	-1	1.00	0.005	PL									

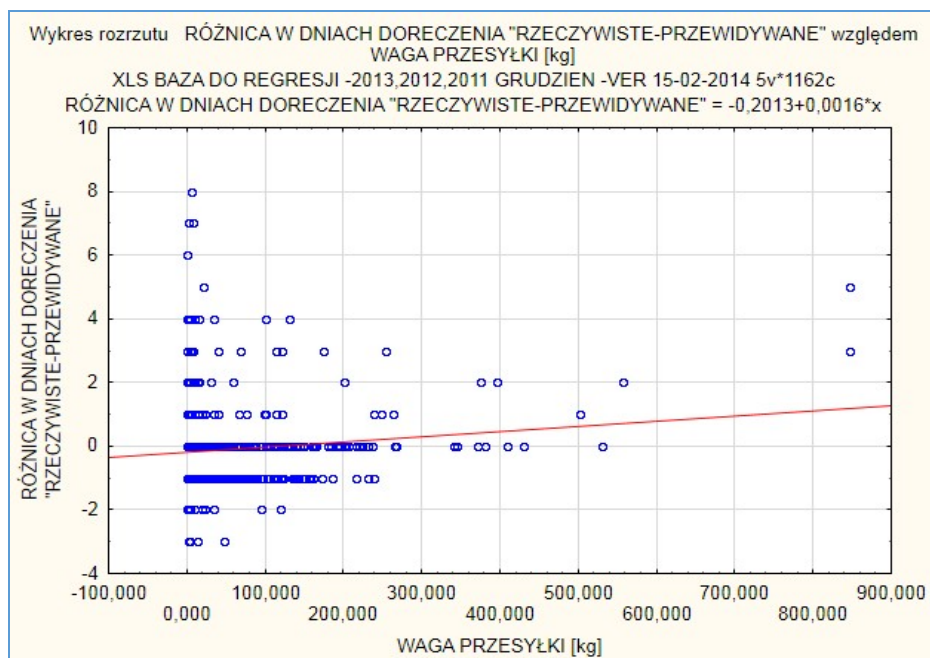
Rys. 2.7. Widok użytkownika zaprojektowanej bazy wiedzy (na potrzeby analizy doręczeń grudniowych oraz do celów analizy regresji) w części zestawienia danych szczególnie istotnych dla analizy opóźnień towarów w miesiącu grudniu, opr. własne



Rys. 2.8. Widok interfejsu Statistica ver.10 z zaimportowanymi danymi z bazy Excel oraz zdefiniowaną funkcją nakreślenia rozrzutu wraz z wykresem regresji liniowej, opr. własne

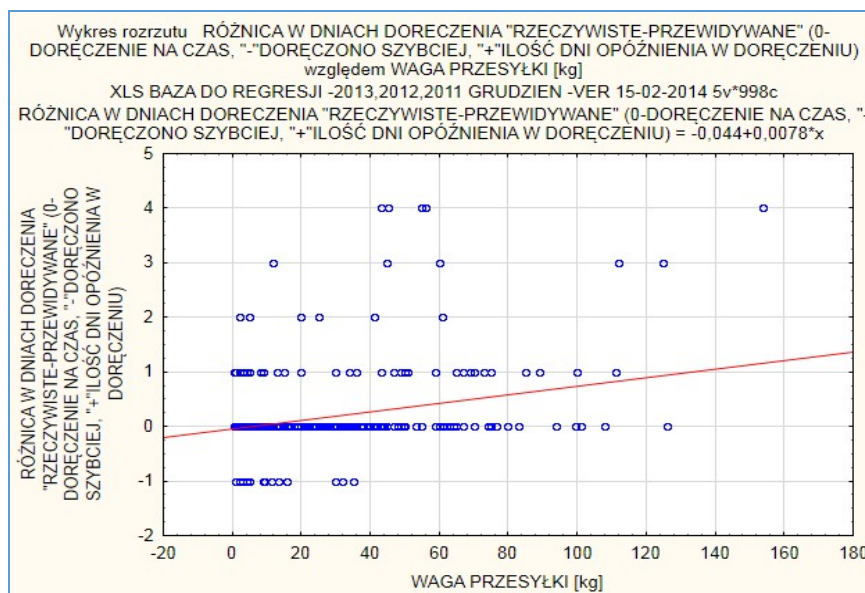
Dane po wprowadzeniu do programu zostały poddane analizie regresji dla której zmienną objaśnianą jest różnica dni potrzebnych na dostawę (rzeczywiste-przewidywane) lub ilość dni opóźnienia, natomiast zmienną objaśniającą jest waga przesyłki lub gabaryt. Na podstawie wyliczeń w programie, zostały wygenerowane wykresy rozrzutu oraz równania regresji liniowej dla poszczególnych przypadków. Wykorzystanie równań daje możliwość tworzenia prognoz różnicy w ilości dni potrzebnych na doreczenie (ilość dni rzeczywiście potrzebnych na dostawę minus ilość dni przewidywanych) lub ilości dni opóźnienia w dostawie w miesiącu grudniu, w oparciu o znajomość wagi przesyłki lub jej gabarytu.

Na rysunkach 2.9-2.10 przedstawiono przykłady wykresów rozrzutu dla różnych przypadków wraz z wyliczonymi równaniami regresji liniowej (zawartymi nad poszczególnymi wykresami).



Rys. 2.9. Wykres rozrzutu różnicy w dniach doreczenia względem wagi przesyłki dla serwisu express, opr. własne





Rys. 2.10. Wykres rozrzutu różnicy w dniach doręczenia względem wagi dla serwisu express plus, opr. własne

Powyżej przedstawiono tylko przykłady wykonanych szeregu eksperymentów za pomocą programu Statistica 2.0. Na podstawie przedstawionych wykresów oraz rezultatów prac stwierdzono, że:

- istnieją związki pomiędzy wagą przesyłki a różnicą w dniach doręczenia dla serwisu express, dla którego wraz ze wzrostem wagi towaru, następuje zwiększenie opóźnienia w dostawie. Podobnie sytuacja kształtuje się dla serwisu express plus, jednakże zauważalna jest większa korelacja czynników,
- w wykresie rozrzutu różnicy w dniach doręczenia względem wagi przesyłki dla serwisu express zauważono wyraźne zagęszczenie przesyłek drobnicowych (do 10 kg), opóźnionych pow. 1 dnia, co może wskazywać na brak dostosowania sposobu prowadzenia transportów drobnicowych w okresie zwiększonej ilości towarów. Sytuacja wygląda odmiennie w przypadku serwisu express plus, dedykowanego głównie dla przesyłek drobnicowych.
- zauważono znikomy związek pomiędzy gabarytem przesyłki, a różnicą w dniach doręczenia dla serwisu express, dla którego wraz ze wzrostem gabarytu towaru, następuje tylko nieznaczne zwiększenie opóźnienia w dostawie. Odmiennie sytuacja kształtuje się dla serwisu express plus, gdzie występuje wyraźnie nakreślona korelacja pomiędzy gabarytem przesyłki, a różnicą w dniach doręczenia, w związku z czym zauważalny jest znaczny przyrost opóźnienia w dostawie wraz ze wzrostem gabarytu towaru. Sytuacje powyższe mogą być związane ze specyfiką serwisów.

- w przypadku serwisu express plus występuje silna korelacja czynników wagi lub gabarytu przesyłki i ilości dni opóźnienia w dostawie. Wraz ze wzrostem zarówno wagi jak i gabarytu towaru, następuje zdecydowany wzrost ilości dni opóźnienia. Sytuacja kształtuje się odmiennie dla serwisu ekspres, gdzie zależności pomiędzy ilością dni opóźnienia, a wagą lub gabarytem towaru są znikome lub też w przypadku gabarytu, ilość dni opóźnienia nieznacznie maleje wraz z jego wzrostem.

Dostępność informacji na temat opóźnień może pozwolić na szybsze podejmowanie trafnych decyzji w zakresie zapobiegania omawianym opóźnieniom. Zestawienia wartości różnicy dni potrzebnych na doręczenie towaru (rzeczywiste – przewidywane) lub dni opóźnień, w stosunku do wagi lub gabarytu przesyłki w miesiącu grudniu i w oparciu o dane z trzech lat, pozwalają prognozować trendy zależności między zmiennymi. Linia trendu została przedstawiona na wykresie kolorem czerwonym i jest zbudowana w oparciu o wyliczony wzór funkcji. Poprzez analizę powyższych wykresów, można zauważyć, że do doprecyzowania powodów opóźnień przesyłek, należy przeanalizować także wpływ innych parametrów dostawy i ich korelacje (tj. np. parametrów: data nadania, kraj dostawy). Nadzór nad zdefiniowanymi poprzez pełną analizę przyczynami opóźnień w dostawach, może wpłynąć na szybszą reakcję na zaistniałe czynniki, zminimalizowanie krytycznych powodów opóźnień, a w konsekwencji polepszenie proponowanych przez przedsiębiorstwo usług.

Dzięki utworzonym w programie Statistica modelom prognostycznym, możliwe jest utworzenie symulacji dla doręczeń grudniowych, pod kątem różnicy w dniach doręczenia (rzeczywiste – przewidywane), świadczącej o terminowości dostaw oraz opóźnieniach w oparciu o znane wagi i gabaryty przesyłek. Poniżej zostały przedstawione symulacje pozwalające na wyliczenie:

- A. różnicy w dniach doręczenia ( $y_r(x...)$ ), uwzględniając historię wszystkich doręczeń grudniowych, dla przesyłki o wadze  $x_1=300$  kg oraz dla przesyłki o gabarycie  $x_2=1$  m<sup>3</sup>, dla serwisu express i express plus:
- funkcja (2.1.) określa zależności pomiędzy wagą przesyłki ( $x_1$ ), a różnicą w dniach doręczenia  $y_r(x_1)$  dla serwisu express, dla  $x_1=300$  kg :

$$y_r(x_1) = -0,2013 + 0,0016x_1 = 0,2787. \quad (2.1)$$

Różnica dni potrzebnych na doręczenie przesyłki o wadze 300 kg w serwisie express może wynieść 0,2787 dnia. Dodatnia wartość oznacza możliwość opóźnienia w dostawie towaru.

- funkcja (2.2) określa zależności pomiędzy gabarytem przesyłki ( $x_2$ ), a różnicą w dniach doręczenia  $y_r(x_2)$  dla serwisu express, dla  $x_2=1$  m<sup>3</sup>:

$$y_r(x_2) = -0,1608 + 0,0695x_2 = -0,0913. \quad (2.2)$$

Różnica dni potrzebnych na doręczenie przesyłki o gabarycie 1 m<sup>3</sup> może wynieść -0,0913 dnia. Ujemna wartość oznacza możliwość doręczenia towaru przed zakładanym terminem dostawy.

- funkcja (2.3) określa zależności pomiędzy wagą przesyłki ( $x_1$ ), a różnicą w dniach doręczenia  $y_r(x_1)$  dla serwisu express plus, dla  $x_1=300$  kg:

$$y_r(x_1) = -0,044 + 0,0078x_1 = 2,296. \quad (2.3)$$

Różnica dni potrzebnych na doręczenie przesyłki o wadze 300 kg w serwisie express plus może wynieść 2,296 dnia. Dodatnia wartość oznacza możliwość opóźnienia w dostawie towaru.

- funkcja (2.4) określa zależności pomiędzy gabarytem przesyłki ( $x_2$ ), a różnicą w dniach doręczenia  $y_r(x_2)$  dla serwisu express plus,  $x_2=1$  m<sup>3</sup>:

$$y_r(x_2) = -0,0128 + 0,8608x_2 = 0,848. \quad (2.4)$$

Różnica dni potrzebnych na doręczenie przesyłki o gabarycie 1 m<sup>3</sup> może wynieść 0,848 dnia. Dodatnia wartość oznacza możliwość opóźnienia w dostawie towaru.

B. ilości dni opóźnienia ( $y_o(x...)$ ), uwzględniając tylko historię towarów opóźnionych w dostawach dla nadań grudniowych, dla przesyłki o wadze  $x_1=300$  kg oraz dla przesyłki o gabarycie  $x_2=1$  m<sup>3</sup>, dla serwisu express i express plus:

- funkcja (2.5) określa zależności pomiędzy wagą przesyłki ( $x_1$ ), a ilością dni opóźnienia  $y_o(x_1)$  dla serwisu express, dla  $x_1=300$  kg:

$$y_o(x_1) = 2,4271 - 9,8148 \cdot 10^{-5} x_1 = 2,4238. \quad (2.5)$$

Dni opóźnienia przy doręczeniu przesyłki o wadze 300 kg w serwisie express, mogą wynieść 2,4238 dnia.

- funkcja (2.6) określa zależności pomiędzy gabarytem przesyłki ( $x_2$ ), a ilością dni opóźnienia  $y_o(x_2)$  dla serwisu express ,dla  $x_2=1$  m<sup>3</sup>:

$$y_o(x_2) = 2,4514 - 0,0955x_2 = 2,3559. \quad (2.6)$$

Dni opóźnienia przy doręczeniu przesyłki o gabarycie 1 m<sup>3</sup> w serwisie express, mogą wynieść 2,4238 dnia.

- funkcja (2.7) określa zależności pomiędzy wagą przesyłki ( $x_1$ ), a różnicą w dniach doręczenia  $y_o(x_1)$  dla serwisu express plus, dla  $x_1=300$  kg:

$$y_o(x_1) = 1,1988 + 0,0088x_1 = 3,8388. \quad (2.7)$$

Dni opóźnienia przy doręczeniu przesyłki o wadze 300 kg w serwisie express plus, mogą wynieść 3,8388 dnia.

- Funkcja (2.8) określa zależności pomiędzy gabarytem przesyłki ( $x_2$ ), a różnicą w dniach doręczenia  $y_o(x_2)$  dla serwisu express plus,  $x_2=1$  m<sup>3</sup> (Rys. 3.24.):

$$y_o(x_2) = 1,3405 + 0,6443x_2 = 1,9848. \quad (2.8)$$

Dni opóźnienia przy doręczeniu przesyłki o gabarycie 1 m<sup>3</sup> w serwisie express plus, mogą wynieść 1,9848 dnia.

Proponowane dla organizacji rozwiązania autorskiej bazy wiedzy utworzonej przy użyciu funkcjonalności programu Statistica ver.10, mogą zapewnić skuteczniejsze Za-

rządanie wiedzą w organizacji, a tym samym wpłynąć na usprawnienie procesu zarządzania relacjami z klientem.

## **WNIOSKI**

Pozyskanie wiedzy użytecznej w przedsiębiorstwie jest ciągle trudnym zadaniem. Zaproponowane modele prognostyczne nie są inwazyjne w stosunku do obecnie wykorzystywanych narzędzi i systemów, przez co nie ma konieczności ponoszenia dużych nakładów finansowych na dostosowania. Ponadto narzędzie w którym został osadzony autorski projekt bazy wiedzy, czyli Excel, jest narzędziem ogólnodostępnym. Analizowane przedsiębiorstwo korzysta z pełnego pakietu MS Office, dlatego też spodziewane jest szybkie wdrożenie pracowników do korzystania z nowo zaprojektowanego i intuicyjnego narzędzia bazy wiedzy. Na usprawnienie pracy powinna pozwolić także łatwość w transferze pomiędzy aplikacjami pakietu MS Office.

Przedstawione rozwiązania mogą okazać się skuteczne także dla innych firm usługowych sektora MŚP, oraz firm, które nie dysponują wystarczającym kapitałem, pozwalającym na zakup i wdrożenie specjalistycznego rozwiązania do zarządzania wiedzą jakim jest np. zaprezentowane narzędzie typu BI.

# ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD PROGNOZOWANIA W INŻYNIERII JAKOŚCI

## 1. WPROWADZENIE

Każdej działalności gospodarczej towarzyszy ryzyko związane z podejmowaniem decyzji. W celu zmniejszenia tego ryzyka coraz częściej wykorzystywane są techniki oparte na prawidłowościach charakteryzujących dane zjawisko w przeszłości, czyli prognozowanie. Decyzja jest rozumiana jako świadomy i nielosowy wybór jednego z rozpoznanych i uznanych za możliwe do zrealizowania wariantów [Klimpel A., 2000].

Dzięki prognozowaniu gospodarczemu istnieje możliwość zmniejszenia ryzyka podejmowanych decyzji, a tym samym określenia przyszłej sytuacji firmy na podstawie danych o przeszłym i obecnym stanie przedsiębiorstwa. Przy podejmowaniu decyzji nie można ignorować otoczenia, w jakim prowadzona jest działalność, zwłaszcza, gdy dysponowanie informacjami o zmiennym i niepewnym otoczeniu może korzystnie wpływać na trafność podejmowanych decyzji. Planowanie przebiegu realizacji przedsięwziętych celów wymaga od przedsiębiorstwa przewidzenia środków niezbędnych do jego realizacji, ustalenia terminów wykonania poszczególnych zadań oraz przygotowania materialnych warunków działania.

Potrzeba prognozowania wynika z braku pewności związanej z przyszłością firmy oraz odstępem czasowym pomiędzy momentem podjęcia decyzji a jej skutkiem. Wiąże się to z brakiem znajomości lub niemożnością przewidzenia wszystkich konsekwencji podjętej decyzji przed jej podjęciem. Może to wynikać z niepełnej informacji o zjawisku, nieprzewidzenia zmian w otoczeniu przedsiębiorstwa o charakterze techniczno-technologicznym lub społeczno-ekonomicznym. Zwykle osoba podejmująca decyzje nie zna wszystkich możliwości wyboru i związanego z nimi ryzyka wraz z konsekwencjami. Gdy popyt na usługi lub produkty firmy utrzymuje się na stałym poziomie, nie występuje konieczność tworzenia prognoz. Jednakże większość przedsiębiorstw nie posiada popytu na niezmiennym poziomie i musi opracowywać prognozy, aby móc osiągnąć sukces na rynku.

Jakość zwykle jest definiowana jako stopień spełnienia wymagań klienta, jednak dotyczy to zarówno stwierdzonych potrzeb oraz oczekiwanych (których czasem klient nie potrafić dokładnie sformułować). Z tego względu tak ważne jest stosowanie metod heurystycznych przy budowaniu narzędzi jakościowych. Zasadniczym celem stosowania narzędzi pro jakościowych jest poprawa procesu zarządzania jakością poprzez wskazanie sposobu zbierania oraz przetwarzania informacji o procesie. Tego typu działania mogą

uchronić przez niewłaściwą interpretacją danych oraz podejmowaniem błędnych decyzji. To daje możliwość analizowania danych oraz zmienności w nich ukrytych. Dzieli się te narzędzia na dwie kategorie – nowe (można je odnieść do danych jakościowych) oraz klasyczne narzędzia jakościowe (wykorzystywane głównie do mierzenia istniejących już problemów jakościowych). W praktyce jednak stosowana jest kombinacja tych narzędzi, gdyż różne narzędzia na ogół się uzupełniają – dane otrzymane z zastosowania jednego narzędzia są danymi wejściowymi dla innego narzędzia. Dane używane w narzędziach o charakterze jakościowym (nie ilościowym) bardzo często są efektem zastosowania metod heurystycznych.

Na podstawie danych, zgromadzonych poprzez narzędzia jakościowe bazujących na danych ilościowych, można formułować prognozy okresowe. Dzięki pokazaniu za pomocą narzędzi jakościowych zależności pomiędzy czynnikami wpływającymi na dane zjawisko można formułować prognozy na przyszłość, które mogą być podstawą do podejmowania decyzji przez przedsiębiorstwo.

Przeprowadzone powyżej rozważania wskazują na istnienie wielu podobnych narzędzi zarówno w prognozowaniu jak i zarządzaniu jakością.

## 2. PROGNOZOWANIE

Literatura podaje wiele definicji pojęcia prognozy. Np. Czerwiński Z. [Czerwiński Z., 1992] definiuje, iż: „przez prognozę rozumiemy sąd o zajściu określonego zdarzenia w określonym z dokładnością do momentu (punktu) lub okresu (przedziału) czasu, należącego do przyszłości”. Prognozowanie jest oparte na prawidłowościach charakteryzujących prognozowane zjawisko lub występujących między nim a innymi zjawiskami [Dittmann P., 2009]

Prognozowanie jest używane zwykle w celu wspomagania procesów decyzyjnych w przedsiębiorstwie, a prognozy mogą pełnić różnorakie funkcje [Guzik B., 2004]:

- preparacyjną (przygotowującą inne działania),
- aktywizującą (pobudza do podejmowania działań sprzyjających realizacji prognozy lub zapobiega wystąpieniu niekorzystnych zjawisk)
- informacyjną (informuje o nadchodzących zmianach w celu zmniejszenia lęku przed przyszłością).

Wyróżniamy również prognozy badawcze (których zadaniem jest wszechstronne rozpoznanie przyszłości i przedstawienie możliwych jej wersji) oraz ostrzegawcze (których zadaniem jest przewidywanie zdarzeń niekorzystnych).

Prognozowanie może opierać się na dwóch podstawach – ontologicznych (obejmujących naturę zjawisk i ich wzajemne powiązania) oraz gnoseologicznych (wynikających z wiedzy o naturze zjawisk, ich wzajemnych powiązaniach oraz mechanizmach kształtujących).

Prognozy można podzielić na kilka kategorii ze względu na [Guzik B., 2004]:

- wyrażanie stanu zmiennej:
  - jakościowe

- ilościowe
- przebieg zmian zmiennej:
  - krótkookresowe (zachodzą tylko zmiany ilościowe w okresie czasu nieprzekraczającym 3 miesięcy),
  - średniookresowe (zachodzą zmiany ilościowe i małe jakościowe w horyzoncie czasowym od 3 miesięcy do dwóch lat),
  - długookresowe (zachodzą zmiany ilościowe i duże jakościowe na okres od 2 do 5 lat).
- możliwość sterowania zmienną:
  - prognozy zmiennych sterowalnych (decydent może wpływać na wielkość i jakość prognoz),
  - prognozy zmiennych niesterowalnych (decydent nie może wpływać zmienne prognozowane).

Dane dobierane przy prognozowaniu powinny: charakteryzować się rzetelnością (zgodnością z przedmiotem, którego dotyczą), jednoznacznością (o jednoznacznym sposobie interpretowania i odbioru danych), identyfikowalnością zjawiska przez zmienną, aktualnością danych, być porównywalne (czasowo, terytorialnie, pojęciowo i kategoryalnie, co do metod obliczeń), obejmować wszystkie ważne wiadomości istotne dla problemu, a ich liczba powinna być minimalna.

Prognozowanie jest wnioskowaniem o zdarzeniach, które zajdą w czasie późniejszym niż czynność przewidywania. Rozróżniamy następujące rodzaje przewidywania przyszłości [Cieslak M., 2004]:

- racjonalne - gdy wnioskowanie jest logicznym procesem przebiegającym do przesłanek, tj. od zbioru faktów należących do przeszłości i ich interpretacji, do konkluzji,
- zdroworozsądkowe - gdy przesłanki i tok wnioskowania są oparte na doświadczeniu, bez posługiwania się regułami nauki,
- naukowe - gdy w procesie wnioskowania korzystamy z reguł nauki,
- nieracjonalne - gdy przesłanki nie zostały podane i (lub) nie zachowano związku między przesłankami a konkluzją. Do tej grupy zaliczamy wszelkie wróżby i prorocтва, które niekoniecznie muszą być fałszywe.

Prognozą nazywa się zwykle osądy, które są sformułowane z wykorzystaniem dorobku nauki, odnoszący się do określonej przyszłości, są weryfikowalne empirycznie o akceptowalnym pewnym stopniu niepewności [Cieslak M., 2004].

### **3. NARZĘDZIA STOSOWANE W ZARZĄDZANIU JAKOŚCIĄ PROCESÓW PRODUKCYJNYCH**

Pojęcie jakości jest złożone i różnie interpretowane przez inżynierów, ekonomistów, towaroznawców i prawników. Wyraz jakość pochodzi od łacińskiego *qualitas*, które oznacza własność i właściwości przedmiotu. Według W.E. Deminga „*jakość można definiować, jako przewidywany stopień jednorodności i niezawodności przy niskich kosztach*”. Zdaniem Ph. Crosby'ego, jakość to „*zgodność z wymaganiami*”. Najbardziejziej

aktualna definicja jakości, zawarta w normie ISO 9000:2000, ustalona przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji, to „*stopień, w jakim zestaw naturalnych właściwości (fizycznych, czasowych, ergonomicznych, funkcjonalnych i innych) wyrobu spełnia potrzeby lub oczekiwania, które zostały ustalone, przyjęte zwyczajowo lub są obowiązkowe*” [Hamrol A. 2008].

Przełomem w myśleniu o jakości było wprowadzenie przez Waltera Shewharta technik badań i kontroli metodami statystyki matematycznej, który opracował tzw. karty kontrolne (*Control Charts*). Pozwoliło to na dozorowanie i sterowanie procesem produkcyjnym. Ewolucja rozwiązań w zakresie jakości zaczęła ogarniać sferę wytwarzania i sferę zarządzania. Zaczęto domagać się szerszego propagowania i wdrażania nowych podejść i koncepcji poprawy jakości oraz doskonalenia jakości [Hamrol A., 2008].

Systemy jakości obejmują wszelkie działania z zakresu ogólnego zarządzania decydujące o polityce jakości, celach i zadaniach poszczególnych komórek organizacyjnych oraz o ich realizacji poprzez planowanie jakości, sterowanie jakością i nadzór nad jakością. System zarządzania jakością obejmuje organizację procesów oraz strukturę organizacyjną. Jako procesy zarządzania jakością określamy wszystkie czynności szeroko pojętego zarządzania, które ustalają i realizują politykę jakości oraz prowadzą do poprawy i doskonalenia jakości [Hamrol A., 2008].

System zarządzania jakością cechuje się zorganizowaniem w postaci struktury hierarchicznej, składa się z uporządkowanych podsystemów (wyższych poziomów są zależne od efektów działania uzyskanych przez poziomy niższe). Można wyodrębnić operacyjny podsystem wewnętrznego zapewnienia jakości z elementami techniczno-technologicznymi, społecznymi i ekonomicznymi oraz przenikający i spajający go podsystem aparatu zarządzania z procesami zarządzania, tj. procesami: planowania, organizowania, motywowania i kontroli kierowniczej. Aby stworzyć nowoczesny system zarządzania jakością, najwyższy szczebel zarządzania powinien współdziałać z podsystemem zapewnienia jakości produktów [Łańcucki J., 2001].

Od roku 1987 za bazę do budowy systemu jakości, i jego dokumentowania, zaleca się międzynarodowe normy ISO serii 9000. Podstawowe zasady obowiązujące w działalności realizowanej według norm ISO serii 9000 wyrażone są poprzez Koło Deminga P-D-C-A (*Planning — Doing — Checking — Acting*) [Bagiński J. 2000].

TQM (*Total Quality Management*) rozszerza zakres dotychczasowych koncepcji zarządzania jakością, jest skoncentrowany na jakości, którą można osiągnąć przy współudziale wszystkich członków organizacji. Przyjmuje się za cel nadrzędny osiągnięcie długotrwałego sukcesu poprzez zmaksymalizowanie zadowolenia klienta. (potrzeby są wciąż badane i przekazywane dalej do wszystkich komórek firmy, aby te mogły dostosować jak najwyższą jakość produktu już w fazie przygotowania). Ponadto działania konkurencji oraz trendy są wciąż obserwowane, co powoduje wprowadzanie innowacji do produktu, aby w jeszcze lepszy sposób móc zaspokoić wymagania konsumenta. Wewnątrz firmy są wdrażane programy poprawy jakości, gdzie dział zapewniający jakość ustanawia pewne poziomy oraz obszary, które są priorytetowe, a jakość wymaga działań korygujących. Cały czas opracowywane są procedury mające na celu eliminację problemów chronicznie nękających organizację. W zarządzaniu poprzez jakość bardzo istotne



jest opracowanie jasnej polityki oraz celów jakościowych, aby na tej podstawie móc planować, zapewniać oraz sterować jakością [Bagiński J. 2000].

### 3.1. Klasyczne narzędzia jakościowe

Tradycyjne narzędzia bywają nazywane wielką siódmką (ang. *Magnificent seven*) lub narzędziami statystycznego sterowania procesami (ang. *Statistical process control*). Narzędzia te mają podstawowe znaczenie i są najczęściej wykorzystywane. Oparte są na prostych aparatach matematycznych i na statystyce matematycznej. Mogą być stosowane samodzielnie, ale często używa się ich jako składniki metod zarządzania jakością. Zalicza się do nich: lista zbiorczą, histogram, diagram korelacji, karty kontrolne, diagram przyczynowo-skutkowy, analiza Pareto-Lorenza oraz schemat blokowy [Wolniak R. 2008].

Do klasycznych narzędzi pro jakościowych zalicza się:

- a) listę zbiorczą, która jest narzędziem służącym do zbierania, grupowania i zapisywania danych stanowiących podstawę do wykonywania analiz i identyfikacji ich struktury,
- b) histogram służący do graficznego przedstawienia określonych wyników, pokazuje rozkład danych oraz ich zmienność. Stosowany jest do ilustracji przebiegu zmian, wizualizacji informacji o przebiegu procesu oraz decydowania o wyborze miejsc, w których należy skupić wysiłki związane z doskonaleniem procesu. Zbudowany jest z ciągu prostokątów o równych podstawach (odpowiadających przedziałom określonym podczas grupowania danych lub określonej liczbie klas) oraz wysokościach (odpowiadających wartościom w danym przedziale) [Hamrol A., 1998].
- c) diagram korelacji, wykorzystywany do graficznego przedstawienia relacji pomiędzy dwiema zmiennymi, tworząc zbiór punktów na płaszczyźnie odpowiadającej zbiorowi par liczb  $x_i, y_i$  (gdzie  $i$  oznacza  $i$ -tą obserwację zmiennych  $x, y$ ). Diagram korelacji używany jest do stwierdzenia istnienia zależności pomiędzy zmiennymi, kierunku związku i pokazania siły związku, ale bez badania związku przyczynowo-skutkowego,
- d) karty kontrolne zaliczane do najistotniejszej techniki statystycznego sterowania procesem. Stosowane są w celu postawienia diagnozy, tj. oceny stabilności procesu, sterowania procesem (ustalenia kiedy proces wymaga regulacji, a kiedy należy pozostawić takim, jakim jest) oraz potwierdzenia udoskonalenia procesu,
- e) diagram przyczynowo-skutkowy, (diagram Ishikawy) znany jest także, jako diagram *ryby* lub *rybiej ości* (ang. *fishbone diagram*). Inną występującą w literaturze nazwą to *diagram drzewa błędów*, bowiem po odwróceniu schematu o  $90^\circ$  zgodnie z ruchem wskazówek zegara diagram przypomina drzewo. Diagram Ishikawy pomaga oddzielić przyczyny od skutków danej sytuacji i dostrzec złożoność problemu. Służy on do analizy związków przyczynowo-skutkowych, przedstawienia związków przyczynowo-skutkowych, ułatwiania rozwiązywania problemu począwszy od jego pojawienia się, poprzez przyczyny, aż do rozwiązania. Diagram

- przyczynowo-skutkowy charakteryzuje się całościowym ujęciem badanego zagadnienia, łatwością analizy przy stosunkowo prostej budowie, czytelnością i przejrzystością dokonywanych zapisów,
- f) analiza Pareto-Lorenza jest rodzajem wykresu, zawierającego zarówno słupki (pokazują wartości w porządku malejącym) oraz wykres liniowy (pokazuje skumulowane sumy każdej kategorii od lewej do prawej). Lewa oś pionowa zwykle zawiera częstości obserwacji, może również reprezentować koszt lub inną ważną miarę. Prawa oś pionowa reprezentuje skumulowany procent wszystkich obserwacji, sumaryczny koszt lub sumę wybranej miary. Celem diagramu Pareto-Lorenza jest pokazanie najbardziej istotnych kategorii spośród (zwykle) dużej liczby czynników. W kontroli jakości diagram Pareto zwykle reprezentuje najczęstsze przyczyny uszkodzeń, najczęstsze ich typy, najczęstsze przyczyny reklamacji, itp.,
  - g) schemat blokowy jest graficzną prezentacją wszystkich etapów (przebiegu procesu) operacyjnych czynności, od momentu ich rozpoczęcia do momentu ich zakończenia. Narzędzie to daje możliwość zrozumienia i analizy przebiegu procesu oraz przyczynia się do poprawy jego jakości, przez wprowadzane korekty czy modyfikacje.

#### 4. ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA WYBRANYCH METOD PROGNOZOWANIA W ZARZĄDZANIU JAKOŚCIĄ

Prognozy stanowią bardzo ważną część zarządzania jakością. Mogą być wykorzystane jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji projakościowych. Wiele narzędzi wykorzystywanych w prognozowaniu może być bezpośrednio wykorzystywanych przy rozpatrywaniu problemów jakościowych.

##### 4.1. Zastosowanie prognozowania w QFD

Metoda QFD może być zastosowana przy projektowaniu nowego produktu, jakim jest rower do ćwiczeń. Analizę rozpoczyna się od wyboru produktu, a następnie określenia atrybutów opisujących dany produkt, takich jak: wielkość, waga, funkcje (stepera, rowerka, ćwiczenia do rąk), cichość pracy, łatwość obsługi, wygoda siodełka, kolor, poziomy trudności, regulacja wysokości, udźwig, załączony prędkościomierz, niska cena, łatwość montażu oraz okres gwarancji. Na podstawie wybranych atrybutów sporządza się ankietę, którą następnie rozda się grupie np. 100 osób w różnym wieku, niezależnie od płci, których zadaniem jest określenie istotności wymagania poprzez określenie jego wagi w skali od 1 do 10, gdzie 1 - nie ważne, 10 - bardzo ważne. Przykładowe wyniki przedstawiono w tabeli 3.1. Dla wszystkich parametrów wyznaczono mediane oraz kwartale dolny i górny. Przykładowo dla pierwszego kryterium (wielkość), parametry te wynoszą:

$M_c=8$ ;  $Q_1=7$ ;  $Q_3=9$  gdzie pozycje kwartali wyznaczono wg. wzoru:

$$Q_1=(100+1)/4=25,25, \quad Q_3=3(100+1)/4=75,25 \quad (1)$$

Stąd:  $\Delta=9-7=2$ .

Tab. 3.1. Wyniki ankiety

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	mediana	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>
wielkość	0	0	1	2	2	16	21	31	27	0	8	7	9
waga	0	0	2	4	3	11	17	37	24	2	8	7	9
steper	1	0	11	22	24	23	8	9	2	0	5	4	6
rowerek	0	0	1	2	4	2	31	20	19	21	8	7	9
ćwiczenia rąk	0	2	4	8	19	22	22	13	9	1	6	5	7
cichy	0	0	2	0	5	7	13	19	33	21	9	7	9
ilość funkcji	0	0	0	0	0	5	13	22	41	19	9	8	9
łatwość obsługi	0	0	0	0	2	1	2	2	42	51	10	9	10
wygoda	0	0	0	0	3	1	0	3	31	62	10	9	10
kolor	2	3	12	10	28	15	17	7	2	3	5	4	7
poziomy trudności	0	0	0	0	3	2	1	8	29	57	10	9	10
regulacja wysokości	0	0	0	1	2	8	10	18	32	29	9	8	10
udźwig	0	0	0	1	2	5	15	22	24	31	9	8	10
prędkościomierz	0	0	0	0	0	2	1	3	31	63	10	9	10
niska cena	0	2	11	27	29	19	8	2	1	1	5	4	6
łatwość montażu	0	0	0	0	1	2	4	9	31	53	10	9	10
gwarancja	0	0	2	1	3	5	4	4	15	66	10	9	10

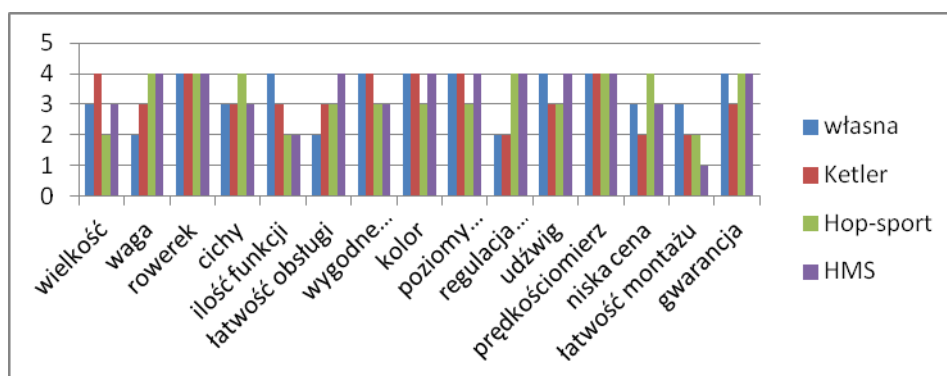
Ponieważ grupa była liczna, a  $\Delta$  w prawie wszystkich przypadkach nie przekroczyła 2, można przyjąć, że eksperci byli zgodni w swoich opiniach, a ich przewidywania można uznać za dopuszczalne. Zatem można przyjąć medianę jako wartość najbardziej prawdopodobną i przyjąć jako wartość wag poszczególnych parametrów. Wykorzystana tu metoda delficka doskonale odzwierciedla potrzeby klienta

Na podstawie wymagań klientów określa się atrybuty techniczne, dzięki którym mogą być spełnione oczekiwania, oraz określono wzajemne związki zachodzące pomiędzy atrybutami technicznymi (sporządzono „dach domu jakości”) wraz z kierunkiem optymalizacji tych parametrów. Dodatni związek określono za pomocą znaku „+”, a ujemny jako „-”.

W kolejnym kroku wypełniono „pokoje domu jakości” określając związek pomiędzy danymi parametrami technicznymi a wymaganiami klientów. Do tego celu zastosowano trójstopniową skalę: 3 - słaby związek, 6 - średni związek, 9 - silny związek.

W tworzeniu diagramu tablicowego należy uwzględnić porównanie badanego produktu z rowerami do ćwiczeń konkurencyjnych firm. W tym przypadku zastosowanie ma również metoda delficka. W tym celu sporządza się kolejną ankietę badającą poziom

relacji wymagań klientów w projektowanym przedmiocie oraz w wyrobach konkurencyjnych firm. Sporządzoną ankietę należy rozesłać do kolejnej grupy ekspertów (100 osób), których zadaniem jest określenie w jakim stopniu podane firmy spełniają wymagania w skali 0-4 (gdzie 0 – całkowite niespełnienie wymagania, 4 – maksymalne spełnienie wymagania). Wyniki ankiety wyznaczono na podstawie mediany z wartości nadanych przez ekspertów. Na podstawie wyników ankiety sporządzono wykres porównania wybranego produktu z produktami firm konkurencyjnych, rys. 3.1.



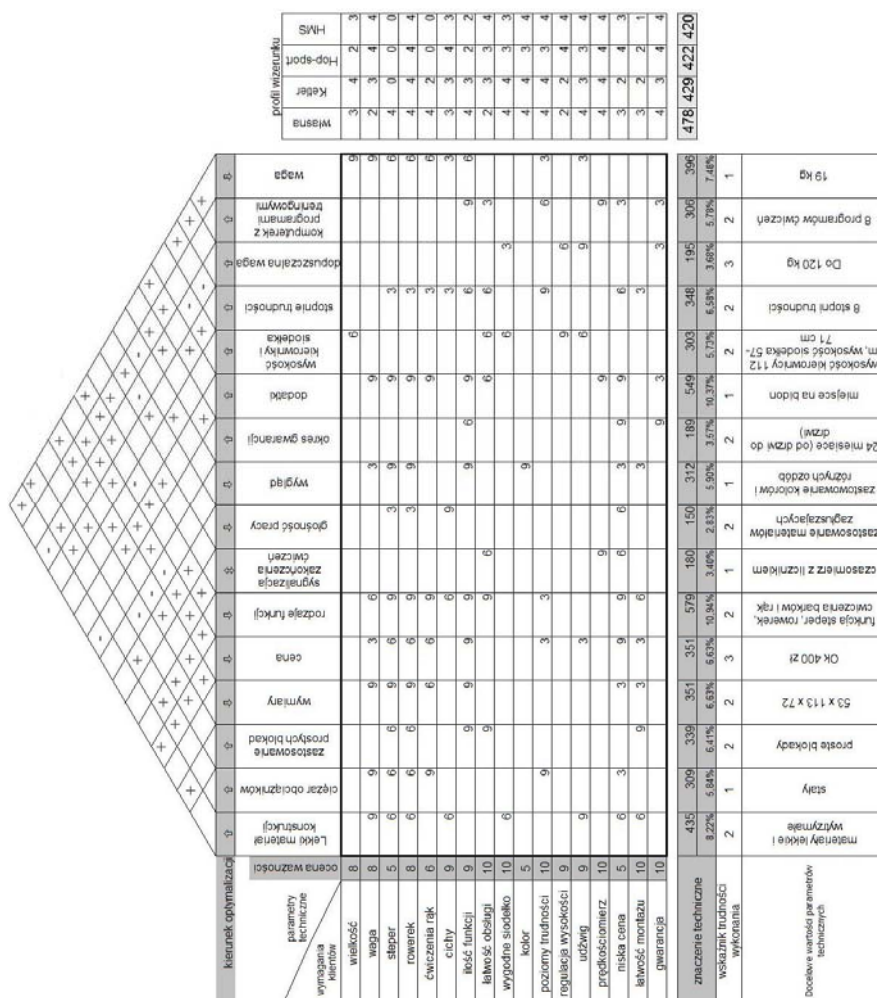
Rys. 3. 1. Porównanie wymagań klientów dla konkurencyjnych firm

Porównując rower do ćwiczeń badanej firmy, można stwierdzić, że zawiera on wiele innowacji w porównaniu do produktów konkurencji – np. stepper, możliwość wykonywania ćwiczenia rąk. Jednak wszystkie produkty są wysokiej jakości, a wyniki dotyczące wybranych wymagań są bardzo zbliżone. Produkt który jest w fazie projektowej dorównuje jakością innym produktom, a dzięki nowym rozwiązaniom zdecydowanie będzie wyróżniał się spośród innych rowerów do ćwiczeń.

Do wypełnienia dalszych pól diagramu, należy oszacować znaczenie techniczne wybranych parametrów technicznych. Oblicza się je sumując iloczyn współczynnika ważności kolejnych wymagań klienta oraz współczynników zależności pomiędzy wymaganiami a parametrami technicznymi. Analogicznie wyznaczono wartości znaczenia technicznego pozostałych parametrów, co pozwoliło na wypełnienie wszystkich pól domu jakości, rys. 3.2.

Z wykonanego metodą QFD domu jakości można wywnioskować, że dla klientów najważniejsza jest łatwość obsługi, wygoda siodełka, możliwość stosowania różnych poziomów trudności, montaż prędkościomierza. Również klienci zwracają dużą wagę do okresu gwarancji oraz łatwości montażu urządzenia.

Podstawą diagramu tablicowego są dane uzyskane metodą delficką. W przypadku wprowadzania produktu na rynek (nie posiadamy danych o przeszłości zjawiska) ocena liczbowa jest niemożliwa. Jedynie metody heurystyczne dają źródło informacji, a metoda delficka najskuteczniej pozyskuje opinie potencjalnych klientów.



Rys. 3. 2. QFD (dom jakości) dla analizowanego produktu

## 4.2. Zastosowanie prognozowania w diagramie zależności

Aby sporządzić diagram zależności należy określić problem do rozwiązania – np. nieoprawne wprowadzenie paszportu stacji niskiego napięcia. Zadanie rozpoczyna się od zastosowania burzy mózgów. Do jej przeprowadzenia niezbędne jest zapewnienie cichego pomieszczenia, które jest w stanie pomieścić grupę ekspertów oraz posiada tablicę, na której będzie można zapisywać odpowiedzi. Zbiera się grupę 6-15 ekspertów z branży energetycznej, których zadaniem jest zgłaszanie jak największej ilości czynników wpływających na badane zjawisko. Z grupy ekspertów zostaje wybrany przewodniczący oraz

sekretarz. Przewodniczący musi pilnować porządku zgłaszania pomysłów oraz aby dominujące jednostki nie zaburzyły badania. Zgłoszone pomysły zostają zapisane na tablicy. Dla uproszczenia nadano odpowiednim pomysłom kolejne litery alfabetu, aby móc w kolejnym etapie sprawnie dokonać klasyfikacji tych czynników, tab. 3.2.

Tab. 3. 2. Zgłoszone pomysły powodów sporządzenia wadliwego paszportu energetycznego

A - błędne ustawienia komputera	H - błędne sporządzenie mapy	N - zgięty skan
B - modernizacja infrastruktury	I - brak pełnej dokumentacji	O - brak wiedzy
C - brak podkładów geodezyjnych	J - brak pomocy energetyków	P - błąd lidera
D - przesunięcie ortofoto map	K - sprzeczność dokumentacji	R - zmiana instrukcji
E - niedostateczne przeszkolenie	L - niezrozumiała instrukcja	S - likwidacja linii
F - nieaktualna dokumentacja	Ł - zmęczenie pracownika	T - brak doświadczenia
G - brak czytelności skanów	M - zbyt stare dokumenty	

Zgromadzone tak pomysły zostają poddane analizie przez kolejną grupę ekspertów (nie uczestniczących w poprzedniej części badania), aby wyeliminować ewentualne, nie związane z zagadnieniem, nierealne pomysły. Czynniki, które są ze sobą powiązane sekretarz nowej grupy ekspertów łączy liniami, których kierunek wyznacza kolejność zdarzeń (związek przyczynowo-skutkowy, rys 3.3).

Na postawie takiego diagramu relacji można określić główne przyczyny problemów, jednak zaznaczenie wszystkich zależności mogłoby zakłócić czytelność takiego diagramu. z diagramu możemy odczytać, że istotny jest brak pomocy ze stron energetyków, niedostateczne przeszkolenie, błędne sporządzenie map.

Dokładniejszą analizę można dokonać poprzez nadanie kolejnym czynnikom wagi. Każdemu powiązaniu przydziela się określoną liczbę punktów, która wyraża siłę wzajemnego oddziaływania czynników. Gdy są to powiązania znaczące, nadaje się 9 pkt, gdy są średnie – 3 pkt, a gdy występują słabe powiązania – 1 pkt. W przypadku braku występowania powiązania - pole zostawia się puste. Wyniki tej analizy zostały przedstawione w tabeli 3.3.

Dzięki umieszczeniu wyników w tabeli, obliczeniu sumy jego wag i posegregowaniu wg tych wag, możemy łatwo zidentyfikować, które czynniki są główną przyczyną wadliwości paszportów energetycznych stacji niskiego napięcia.

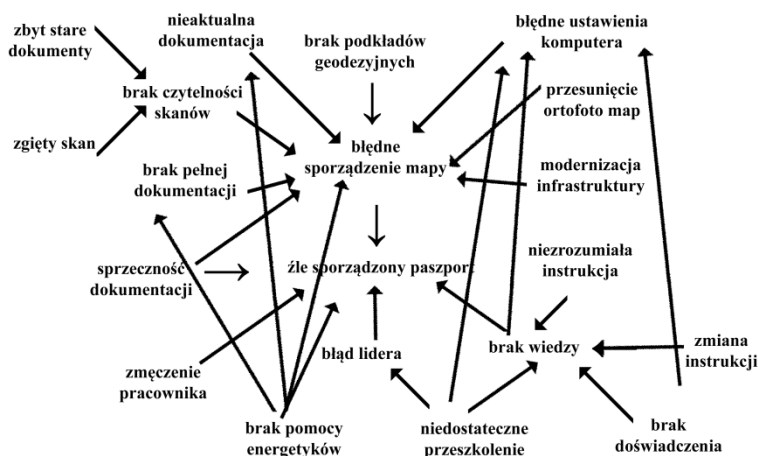
Wynika z niego, że w pierwszej kolejności należy zająć się likwidacją błędów, które powstają przy sporządzaniu mapy – czynnik H (uzyskanie podkładów geodezyjnych dla danego rejonu, położenie większego nacisku na jakości skanów przygotowywanych

przez dział dokumentacji oraz dołożenie wszelkich starań aby dostarczone były najnowsze mapy jakie są dostępne w oddziale energetycznym przedstawiające całość linii, np. z ostatnich oględzin). Można również zaobserwować, że poziom wykształcenia pracowników nie zostaje bez znaczenia, a zbyt częsta rotacja pracowników nie wpływa pozytywnie na proces (nowi pracownicy = brak doświadczenia). Warto zatem zagwarantować dłuższy czas szkolenia oraz zapobiegać zbyt częstemu zatrudnianiu nowych pracowników. Wywnioskować można również, iż zmęczenie pracowników nie wpływa w istotny sposób na wadliwość projektów.

Diagram zależności został sporządzony na podstawie danych uzyskanych w wyniku burzy mózgów wykonywanej w dwóch etapach w dwóch różnych grupach ekspertów. O ile założy się, iż nie było w żadnej z tych grup jednostek dominujących, można przyjąć, że otrzymane wyniki są wysoce prawdopodobne. Metoda ta niesie za sobą niskie koszty, a jej wynik jest uzyskiwany bardzo szybko. Nie jest konieczne przy jej wykorzystaniu stosować bardzo skomplikowanego algorytmu, dzięki czemu wyniki są bardziej przejrzyste, nawet dla ludzi nie związanych z daną branżą.

Tab. 3.3. Określenie wagi czynników wpływających na wadliwość sporządzenia paszportu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Ł	M	N	O	P	R	S	T	SUMA
A	X			3	9								3	3						3	21
B		X		3		9		3	9	9	3								9		45
C			X	3				9		9											21
D	3	3	3	X																	9
E	9				X			3		3						9	3	3		3	33
F		9				X		3	9	3	3			9					9		45
G							X	9	9	3				9	9					1	40
H		3	9		3	3	9	X	9	3	9	3	3	9	3		3		1	3	73
I		9				9	9	9	X	9				3	3					1	52
J		9	9		3	3	3	3	9	X	1			3			3	1	3		50
K		3				3		9		1	X	1		3							20
L								3			1	X	1			3		3		3	14
Ł	3							3				1	X								7
M	3					9	9	9	3	3	3			X						9	48
N							9	3	3						X						15
O					9							3				X	3	3		9	27
P					3			3		3						3	X	3		9	24
R					3					1		3				3	3	X			13
S		9				9		1	1	3										X	23
T	3				3		1	3					3		9		9	9		X	40

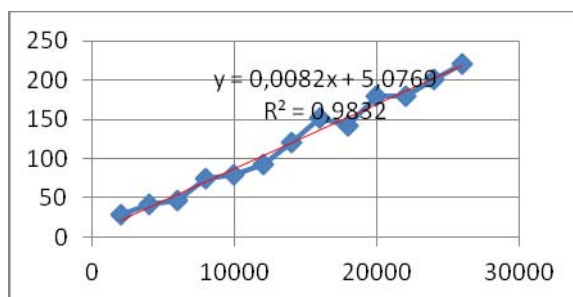


Rys. 3.3. Uporządkowany diagram zależności powodów sporządzenia wadliwego paszportu.

#### 4.3. Zastosowanie prognozowania w diagramie korelacji

Stosując diagram korelacji można analizować związek pomiędzy dwiema zmiennymi, które tworzą zbiór punktów  $x_i; y_i$  dla  $i$ -tej obserwacji na płaszczyźnie. Celem takiego diagramu nie jest wnikanie w przyczyny tych relacji, ale określenie jedynie faktu występowania jakichś relacji, stopnia ich intensywności oraz kierunku tego związku. Poniżej przedstawiony będzie przykład związku pomiędzy wielkością partii produkcyjnej a ilością wadliwych płyt CD.

Tworzenie diagramu rozpoczyna się od zebrania par danych, których związek ma być analizowany oraz naniesienia na układ współrzędnych, rys. 3. 4, gdzie na osi odciętych przedstawione są wielkości partii produkcyjnych, a na osi rzędnych jest prezentowana ilość wad.



Rys. 3.4. Ilość wad w produkcji płyt CD



Na podstawie uzyskanych danych, możemy przewidzieć ilość potencjalnych wad, gdyby firma zamierzała rozpocząć produkcję na większą skalę, np. 30000 sztuk. Do tego może posłużyć nam prognozowanie na podstawie modeli szeregów czasowych z trendem.

Postępowanie rozpoczynamy od wyznaczenia średniego błędu kwadratowego prognozy ex ante wynoszącego:

$$s = \left[ \frac{1}{n-2} \sum (y_t - \hat{y}_t)^2 \right]^{0.5} = \sqrt{\frac{895.985}{11}} = 8.714 \quad (2)$$

oraz określenia prognozy na kolejną wielkość produkcji ( $t=28000$ )

$$y_{28000}^* = 0.008 * 30000 + 5.076 = 234.462. \quad (3)$$

Błąd prognozy ex ante wynosi: 10,111 szt a błąd względny 4,32%.

Błąd względny jest niski, nie przekracza typowego (zwykle przyjmowanego) poziomu ufności  $p=95\%$ . Z tego powodu można przyjąć, że konstruowane prognozy są dopuszczalne i jest wysoce prawdopodobne, że ilość prognozowanych wad będzie oscylować wokół prognozowanych wartości (o ile zjawisko nie zostanie zaburzone w jakiś niespodziewany sposób)

Aby wyznaczyć prognozę dla produkcji 30000 sztuk, należy  $t=30000$  podstawić do wzoru funkcji trendu (analogicznie dla  $t = 1$  mln):  $y(30000)=251$  sztuk.

Wyliczenie powyższych prognoz nie jest zadaniem bardzo skomplikowanym. Dane uzyskane z diagramu korelacji są bardzo czytelne, a na ich podstawie bardzo łatwo zbudować prognozę zachowania zmiennych w czasie stosując metodę najmniejszych kwadratów. Na podstawie prognozy można wnioskować czy warto zwiększyć produkcję i jak liczna będzie ilość wadliwych produktów przy zwiększonej produkcji.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zarządzanie w przedsiębiorstwie wiąże się z ciągłą koniecznością podejmowania decyzji. Otoczenie przedsiębiorstwa zmienia się dynamicznie, przez co trzeba podejmować szybko decyzje, zwłaszcza gdy pojawiają się pierwsze objawy kryzysu. Postawa bierna wobec pojawiających się zmian jest najgorszym rozwiązaniem, gdyż może nieść za sobą straty zarówno materialne jak i demotywować pracowników. Każda decyzja związana jest ryzykiem niepowodzenia, podejmowana jest w warunkach niepewności lub niepełnej informacji. Stąd, w zarządzaniu przedsiębiorstwem tak ważną rolę może odgrywać prognozowanie.

Wyznaczone prognozy w aspekcie oceny jakości mogą wspomagać procesy decyzyjne w systemie zarządzania jakością w różny sposób - stanowić przygotowanie do innych działań, może pobudzać do podejmowania działań sprzyjających spełnieniu prognozy, badać zjawisko, ostrzegać, informować. Prognozować można różne rodzaje zjawisk jakościowych, np. wadliwość, jakość produktów, zużycie narzędzi, wykorzystania parku maszynowego, awaryjność. Można również prognozować wielkość produkcji, popytu, poziomu stanów magazynowych, sprzedaży i zakupu towarów. Prognozowane są czyn-

niki pośrednio związane z jakością, takie jak zasoby ludzkie (np. w postaci wielkości zatrudnienie, wypadkowość).

Prognozy ilościowe są przystosowane do danych opartych na statystyce matematycznej. Z tego powodu doskonale sprawdzają się do prognozowania rozwoju zmiennej prognozowanej w kolejnych okresach na podstawie danych o przeszłości zjawiska uzyskanych w wyniku zastosowania większości klasycznych narzędzi jakościowych.

Prognoza diagramu korelacji pozwala wyznaczyć, poprzez określenie relacji pomiędzy wartościami  $x_i$  oraz  $y_i$  dla  $i$ -tej obserwacji, równanie przebiegu zmiennej w czasie, a tym samym podstawę do wyznaczenia wartości parametrów  $x_{i+n}$  a  $y_{i+n}$  dla  $x$  nie objętych diagramem. Można oczywiście na podstawie danych z diagramów korelacji z różnych okresów prognozować jak zmienia się zjawisko w nich zjawisko tworząc dla różnych wartości  $x$  różne diagramy zależności wartości  $y$  (dla danego  $x$ ) od czasu (kolejnych okresów). Na podstawie obserwacji jak relacje zmieniają się na przestrzeni czasu, prognozować można jak będą się kształtował diagram zależności wartości  $x$  od  $y$  w przyszłości.

Informacje zgromadzone na podstawie listy zbiorczej również mogą stanowić doskonały materiał do budowania prognoz na przyszłość. Dzięki łatwości zapisu informacji, np. notowania jedynie rodzaju występującego zjawiska oraz daty, można określić częstotliwość występowania zdarzeń (lub ich ilości w pewnych okresach). Prognozy na ich podstawie mogą wymuszać na kierownictwie firmy przedsięwzięcie działań zapobiegawczych (jeśli zjawisko jest niekorzystne) lub jedynie informować o jego stanie w przyszłości. Zgromadzone informacje przy zastosowaniu listy zbiorczej mogą również być podstawą do doszukiwania się analogi w porównaniu do innych, występujących wcześniej, zjawisk o zbliżonym w przeszłości przebiegu i poznanym już znanym charakterze. Wtedy mają zastosowanie metody analogowe.

Diagram przyczynowo skutkowy może dostarczyć doskonałych informacji do sporządzenia prognoz metodami ekonometrycznymi, które bardzo często wymagają wykazania związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy zmiennymi. Do zgromadzenia danych niezbędnych do sporządzenia takiego diagramu niejednokrotnie wykorzystywane są metody jakościowe, np. burza mózgów. Strategia ta jest używana również do oceny istotności czynników wpływających na zjawisko.

Również doskonałym materiałem do sporządzenia prognozy są karty kontrolne. Pokazują wartość zmiennej  $y$  w kolejnych próbkach, które są wyrażone w sposób ilościowy. Analizując karty z dużą ilością pomiarów można dostrzec występujące wahania przypadkowe lub sezonowe. Dzięki prognozowaniu w kartach kontrolnych możemy przewidzieć kiedy badany parametr prawdopodobnie osiągnie poziom ostrzegawczy lub przekroczy granice kontrolne. Prognoza może tu również pełnić funkcje informacyjną o stanie badania zjawiska, np. przewidzieć poziom strat związanych z wadliwością produktów.

Prognozowanie jakościowe oparte jest na modelach nieformalnych, stąd doskonale znajduje zastosowanie przy wykorzystaniu „nowych” narzędzi jakościowych, które służą do analizy oraz planowania przedsięwzięć. Wykorzystywane są zwłaszcza do zjawisk o

charakterze jakościowym, a nie ilościowym. Polegają głównie na oszacowaniu przez grupę ekspertów jak będzie się zachowywać dane zjawisko w okresie czasu.

Przykładowo, budując diagram zależności wykorzystuje się prognozowanie jakościowe. Pomysły do jego sporządzenia są uzyskiwane w wyniku burzy mózgów przeprowadzonej wśród grona ekspertów. To eksperci prognozują na podstawie swojej intuicji jaki jest związek pomiędzy czynnikami i jak silny. Taka prognoza może pomóc przy eliminacji czynników, które nie są wyrażane liczbowo, które stanowią odczucia eksperta. W przytoczonym wcześniej przykładzie dotyczących przyczyn wad sporządzenia paszportów energetycznych, można na podstawie odczuć ekspertów zidentyfikować jakie czynniki przysparzają najwięcej problemów, aby następnie je wyeliminować. To zapewne przyczyni się do wzrostu jakości lub wydajności przedsiębiorstwa.

W diagramie tablicowym można wykorzystać dane uzyskane w wyniku zastosowanie metody delfickiej. Stanowią one podstawą do wyznaczenie współczynnika ważności parametrów oraz określenia upodobań klienta. Dzięki prognozowaniu możliwe jest sporządzenie prognozy, która umożliwi np. zaprojektowanie najbardziej zadawalającego produktu dla klientów. Całość diagramu nie ma oparcia w danych liczbowych (statystycznych), jest jedynie oszacowaniem na podstawie subiektywnej oceny.

Zjawiska, których przeszłość jest znana prognozuje się zwykle metodami ilościowymi, a do zjawisk niepoznanych sprawdzają się metody heurystyczne. Metody jakościowe sprawdzają się np. do określenia preferencji klienta, poznania opinii nabywców o pozycji na rynku przedsiębiorstwa, określania czynników wpływających na występujące zjawiska i ich wzajemnych relacji. Są to tylko oszacowania, a nie dane statystyczne. Jednak mogą być podstawą do budowania różnych narzędzi jakościowych, takich jak np. diagram korelacji, zależności lub tablicowy.

Wybór metody prognozowania ma olbrzymi wpływ na poziom błędów wyznaczonych prognoz oraz na horyzont na jaki możemy prognozować dane zjawiska. Metody ilościowe zwykle są obciążone dużo mniejszymi błędami niż metody jakościowe.

Dobór metody sporządzania prognozy zależy np. od ilości zmiennych objaśniających, kształtowania się zmiennej w czasie. Gdy zmienne jedynie oscylują wokół linii trendu, konstruowanie skomplikowanych modeli prognostycznych jest zwykle zbędne, gdyż może wystarczyć sporządzenie prognozy z zastosowaniem modeli szeregów czasowych. Im jednak większa ilość wahań, konieczne jest zastosowanie bardziej złożonych algorytmów.

Czynnikiem decydującym o doborze metody prognozowania jest również poziom ufności dla wyznaczonej prognozy. Gdy poziom ufności jest niski, to dopasowanie algorytmu zmiennej może być mniej dokładne i nie musi uwzględniać wszystkich możliwych wahań. Zwykle jednak odbiorcy prognozy zależy wysokim prawdopodobieństwem, co wiąże się niejednokrotnie z budowaniem bardziej skomplikowanych algorytmów.

Nie można generalizować które modele są najlepsze, gdyż niejednokrotnie trafniejsze są prognozy uzyskiwane za pomocą modeli nieformalnych, a innym razem te które zostały wyznaczone z modeli formalnych. W praktyce można uznać, że oba modele mogą być wysoce sprawdzalne. Każdy z modeli ma swoje wady i zalety, stąd zaleca się używanie metod należących do obu grup.

Przedstawione w pracy studia literaturowe oraz studia przypadków w zakresie możliwości zastosowania wybranych metod prognozowania w zarządzaniu jakością pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

- największe zastosowanie w zarządzaniu jakością znajdują metody heurystyczne, szczególnie metoda burzy mózgów i metoda delficka;
- wiele narzędzi typowych dla prognozowania jest częścią metod zarządzania jakością, szczególnie jeżeli rozpatrujemy „7 bazowych narzędzi sterowania jakością”;
- zarówno w prognozowaniu jak i zarządzaniu jakością wykorzystywany jest podobny aparat matematyczny;
- wiele narzędzi stosowanych w prognozowaniu zostało zaadoptowanych do zarządzania jakością (MNK, regresja, linia trendu, analiza Pareto, itp.);
- połączenie prognozowania z zarządzaniem jakością wielokrotnie tworzy integralną całość ujmującą całość rozpatrywanego zjawiska jakościowego;
- na podstawie danych uzyskanych za pomocą narzędzi jakościowych mogą być dla przedsiębiorstwa tworzone prognozy ostrzegawcze, informacyjne lub badające zjawisko.

# **BADANIE EFEKTYWNOŚCI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH NA PRZYKŁADZIE VSM, JAKO JEDNEJ Z METOD ELIMINACJI MUDA**

## **1. WPROWADZENIE**

Muda – słowo pochodzące z języka japońskiego oznaczające marnotrawstwo, czyli działania, które nie tworzą wartości dodanej, a pochłaniające wszelkiego typu nakłady (materiały, prace, pieniądze). Proces produkcji wyrobu tworzy strumień, w którym na każdym etapie dodawana jest wartość i pochłaniane są zasoby. Analizując taki strumień można dostrzec trzy rodzaje działań:

- czynności tworzące wartość dodaną, czyli podnoszące wartość produktu,
- czynności nietworzące wartości dodanej, jednak niezbędne w danym procesie określane mianem,
- czynności nietworzące wartości dodanej, możliwe do wyeliminowania.

Muda ma związek ze wszystkimi działaniami nieprzynoszącymi wartości. Można ją podzielić na siedem kategorii: muda nadprodukcji, zapasów, braków, ruchu, przetwarzania, oczekiwania oraz transportu. [Imai, 2006]

*Nadprodukcja* jest to najistotniejszy, najczęściej występujący i najbardziej znaczący typ marnotrawstwa. Bierze się on ze strachu wyższego kierownictwa przed możliwością nie wywiązania się z terminów z powodu np. zepsucia maszyny czy nieobecności pracownika. Produkowanie „na zapas” daje poczucie bezpieczeństwa jednak jest to mylące. Generuje to szereg strat takich jak: większe zużycie surowców, daremna praca, zapotrzebowanie na nowe maszyny, dodatkowe koszty, zamrożony kapitał, dodatkowe miejsce składowania czy koszty transportu. [Imai, 2006]

*Zapasy*, jako efekt nadprodukcji są kolejnym, często występującym typem muda. Bufor w postaci części, materiałów, półfabrykatów czy wyrobów finalnych nie dodaje żadnej wartości, a jednocześnie narażony jest na zniszczenia czy spadek jakości wynikający ze zbyt długiego magazynowania. Poprzez nadwyżki produkowanych wyrobów przedsiębiorstwa narażone są na straty wynikające z konieczności posiadania większych magazynów, większej ilości pracowników oraz wyższych kosztów ogólnozakładowych. [Imai, 2006]

*Braki*, czyli wyroby posiadające usterki należą niewątpliwie do muda typu drugiego. Są to wyroby, które przeszły cały cykl produkcyjny, jednak muszą zostać cofnięte do pewnego etapu i zostać naprawione lub - co gorsza - wyrzucone. Naprawy często bywają drogie i pracochłonne, a zatem pociągają za sobą kolejne muda zbędnego transportu, pracy ludzkiej czy materiału. Jeśli usterka nie zostanie wykryta w odpowiednim czasie i

wyrób wadliwy trafi do klienta, przedsiębiorstwo może stracić zaufanie i renomę. [Bokhoven, 2011]

W dzisiejszych, zautomatyzowanych czasach istnieje ryzyko przedostania się wadliwego materiału czy półproduktu do maszyny w następstwie, czego może dojść do jej uszkodzeń i ogromnych strat.

*Zbędne ruchy.* Pracę ludzką w procesie wytwarzania można podzielić na dodającą wartość i tę, która jej nie dodaje. Ta druga to oczywiście muda. Analizując dogłębnie cały proces produkcji, może okazać się, że efektywna praca zajmuje tylko kilka sekund a pozostały czas jest marnotrawiony na zbędne ruchy czy trasy do przejścia. Proces produkcji powinien być tak zaprojektowany, aby operatorzy wszystkie potrzebne przyrządy i materiały mieli w zasięgu ręki a ich miejsce pracy było tak zorganizowane, aby nie musieli przenosić przedmiotów i wykonywać zbędnych ruchów.

*Muda przetwarzania.* Ten rodzaj marnotrawstwa wiąże się bezpośrednio ze źle zaprojektowanym procesem i złą synchronizacją poszczególnych etapów wytwarzania.

Dzięki logice i zdrowemu rozsądkowi można tak połączyć procesy, aby wyeliminować zbędne operacje. Należy zaplanować pracę maszyn tak, by działały dokładnie tyle czasu, ile jest konieczne i w taki sposób, aby praca operatorów była zoptymalizowana. [Imai, 2006]

*Oczekiwanie* jest efektem złej organizacji pracy. Występuje, kiedy pracownik traci czas na szukanie potrzebnego przyrządu, czeka na niezbędne materiały, na naprawę lub uruchomienie maszyny, dokumentację czy po prostu informację. Jest proste do zidentyfikowania, jednak jego eliminacja wymaga zastanowienia się nad przyczynami jego powstania. [Bokhoven, 2011]

*Transport* niewątpliwie jest nieodłączną częścią każdego procesu produkcyjnego, jednak nie dodaje on wartości produktowi. Tak jak muda zapasów czy oczekiwania jest łatwy do zidentyfikowania. Produkty w czasie transportu narażone są na zniszczenia, potrzebują specjalnego przygotowania, co wiąże się z dodatkowymi nakładami pracy. Zbędne przewozy mogą doprowadzić do opóźnień, mogą też utrudniać komunikację.

Według Bokhovena [Bokhoven, 2011] do wymienionych wyżej typów muda należy dodać też złe produkty, czyli takie, które zostały wyprodukowane na zapas, a które nigdy nie zostaną sprzedane. Niewykorzystaną kreatywność pracowników, systemy komputerowe czy programy nie w pełni wykorzystywane, zasoby wody, energii elektrycznej i materiałów zużywane nieoszczędnie.

W artykule przedstawiono studium przypadku eliminacji muda w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym w oparciu o wdrożenie metodyki Lean Manufacturing i mapowanie strumienia wartości.

## **2. CELE WPROWADZENIA LEAN MANUFACTURING DO PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO**

Głównym celem wprowadzenia przez managerów Lean Manufacturing jest chęć wyeliminowania wszelkiego typu marnotrawstwa (muda) oraz zwiększenia możliwości tworzenia wartości dodanej. Jak piszą Rother i Shook [Rother, Shook, 1998] „celem, jaki

staramy się osiągnąć przy wdrażaniu metod szczupłego wytwarzania, jest to, aby każdy proces produkował tylko to, czego oczekują od niego procesy po nim następujące i tylko wtedy, kiedy tego oczekują.” Pisząc o celach, należy wspomnieć również o JKD (Jakość, Koszt, Dostawa). Jest to cel zarządzania zarówno tradycyjnego, jak i tego szczupłego. Jakość wiąże się zarówno z wytwarzaniem zgodnym z wymaganiami klienta, jak również z jakością prac projektowych, dostaw czy produkcji. Im wyższa jakość, tym większe zadowolenie klienta.

Koszt odnosi się do zarządzania budżetem. Postępowanie zgodnie z filozofią Lean i eliminowanie muda sprzyja obniżaniu kosztów. Dostawa odnosi się do terminowości, jak i do spełniania ilościowych wymagań klientów. Stosowanie strategii Just In Time, systemu pull i innych narzędzi Lean pozwala na zaspokojenie oczekiwań odbiorców w zakresie dostaw, jakości i ceny. [Imai, 2006] Zgodnie z wymienionymi typami muda w punkcie 2. Marnotrawstwo najczęściej występuje w dwóch formach: nadprodukcji oraz zapasów. Aby możliwe było produkowanie tylko tego, czego oczekuje od nas klient oraz magazynowanie takiej ilości materiałów, jaka rzeczywiście jest potrzebna, niezbędny jest system planowania produkcji oraz zapasów. W przedsiębiorstwach produkcyjnych bez wdrożonej filozofii Lean wielkość produkcji i zapasów produkcyjnych ustalana jest głównie na podstawie prognoz. Do tego używane są różne systemy takie jak MRP (Material Requirements Planning) czy MRP II. Są to systemy „tłoczące” (ang. push). Jedynym pewnym sposobem na to, aby produkować dokładnie taką ilość, jaką uda się sprzedać i magazynować taką ilość materiałów, którą jest się w stanie wykorzystać jest rozpoczynanie produkcji na podstawie realnego, bieżącego zapotrzebowania. Produkowanie ściśle według zapotrzebowania nosi nazwę systemu „ssącego” (ang. pull). [Martyniak, 1996]

Ssanie zostaje rozpoczęte w dziale montażu wyrobu finalnego. Stamtąd zostaje wysłana informacja o zapotrzebowaniu na półprodukty do miejsc ich wytwarzania, te natomiast zamawiają potrzebne materiały u swoich dostawców. Cały przebieg procesu wytwarzania i dostaw materiałów monitorowany jest za pomocą kart Kanban. [Pasternak, 2005]

Pull system jest podstawą systemu produkcji bez zapasów tzw. Just-in-Time (z ang. dokładnie na czas). JiT bezpośrednio łączy się z zarządzaniem strategicznym oraz sterowaniem zapasami. Bardzo często uznawany jest za strategię logistyczną jednak jego zastosowanie znacznie wykracza po za ten obszar. Podstawowe założenia owej koncepcji to:

- produkcja bez zapasów,
- możliwie krótki czas realizacji zamówień,
- niewielkie, ale częste dostawy materiałów,
- brak defektów (wysoka jakość)

Pull system ma wiele zalet: porównując go z systemem push w zakresie maszyn, produkcji czy materiałów można zauważyć, że jest on mało specyficzny, dzięki czemu przez jego zastosowanie można szybko reagować na zmienny popyt i wymagania klientów. Pracownicy są wszechstronni, dzięki czemu mogą wykonywać różne prace w zależności od potrzeby, materiały są magazynowane w małych ilościach, co pozwala na

zmniejszenie powierzchni magazynowych, a maszyny nie są wyspecjalizowane na jeden produkt, dzięki czemu są lepiej i częściej wykorzystywane. Stosowanie systemu push, w którym maszyny i pracownicy są wyspecjalizowani na jedno zadanie generuje szereg strat i prowadzi do nie pełnego wykorzystywania zasobów.

### 3. MAPOWANIE STRUMIENIA WARTOŚCI

Wiele marnotrawstwa oznacza wysokie koszty i długie czasy realizacji, oraz długie czasy dostawy. Eliminowanie marnotrawstwa prowadzi do zmniejszenia kosztów i skrócenia czasu realizacji. Pierwszym krokiem na drodze do ich eliminacji jest zrozumienie pojęcia Strumienia Wartości oraz nauczenie się posługiwania narzędziem Mapowania Strumienia Wartości

VSM jest to skrót od angielskiego Value Stream Mapping i oznacza mapowanie strumienia wartości. Według Rothera i Shooka [Martyniak, 1996] strumień wartości oznacza „działania (zarówno te, które dodają wartość w realizowanym procesie, jak i te, które wartości nie dodają), podejmowane dla przeprowadzenia danego produktu przez cały, charakterystyczny dla niego proces w tym: proces produkcyjny (...) i kompletny proces projektowy”.

W strumieniu wartości można dostrzec:

- przepływ informacji, który zawiera wszelkie zamówienia i zlecenia, jest on wszczy-nany przez klientów,
- pomoc nie tylko w dostrzeganiu marnotrawstwa, ale co ważniejsze, pomaga zoba-czyć jego źródła
- odpowiedni język, wspólny dla całej organizacji, dla omawiania wszelkich procesów (język graficzny),
- przepływ materiału zawierający czynności w procesie wytwarzania, które powodują przemianę surowców, materiałów, półfabrykatów w produkty gotowe, dostarczane do klientów. [Luciejewski, 2003]

Podczas mapowania potrzebna jest kartka papieru oraz ołówek. Przy użyciu tych podstawowych przedmiotów możemy narysować, zobaczyć, a przede wszystkim zrozu-mieć przepływ informacji i materiałów. Należy przejść drogę, jaką pokonuje produkt (w górę strumienia wartości) i obserwować, co dzieje się podczas jego wytwarzania. W metodzie tej można wyróżnić dwa rodzaje map: mapę stanu obecnego oraz mapę stanu przyszłego. Za pomocą symboli można rozrysować cały przepływ od klienta aż po dostawców. Mapa stanu obecnego wykorzystywana jest do dogłębnej analizy procesu, na jej podstawie możliwe jest przedstawienie wszystkich etapów produkcji oraz zidenty-fikowanie miejsc, gdzie wartość nie jest dodawana.

VSM jest narzędziem o zasadniczym znaczeniu gdyż:

- dzięki niemu można zobaczyć cały przepływ, nie tylko pojedyncze procesy,
- pozwala zidentyfikować marnotrawstwo u źródła,
- wykorzystuje uniwersalny język, podczas omawiania tematów związanych z procesami produkcji,
- jako jedyny przedstawia powiązania pomiędzy przepływem informacji i mate-riałów,



- stanowi bazę planu działania, uwzględniając wszystkie etapy przepływu. [Martyniak, 1996]

Podczas mapowania strumienia wartości należy przestrzegać kolejności działań. Po pierwsze trzeba wybrać proces wytwarzania lub rodzinę produktów, która wymaga mierzalnej poprawy wynikającej z ustalonych przez przedsiębiorstwo celów. Następnie należy przejść w górę strumienia wartości i wykonać mapę stanu obecnego. Przeanalizować ją, zidentyfikować źródła munda, określić cele jakie chcemy osiągnąć i wykonać mapę stanu przyszłego. Na końcu należy opracować plan działania na podstawie, którego wprowadzany będzie docelowy stan. Mapa stanu przyszłego określa, jak powinien wyglądać przepływ po wprowadzonych zmianach. W trakcie mapowania strumienia wartości zwraca się szczególną uwagę na takie wartości jak: czasy poszczególnych operacji w procesie wytwarzania, czasy realizacji zamówień, poziomy zapasów zarówno półfabrykatów jak i wyrobów finalnych oraz na to czy dana czynność tworzy wartość dodaną czy jest marnotrawstwem. Na podstawie owych informacji można określić zależność pomiędzy czasem realizacji całego zamówienia, a czasem produktywności pracy. Różnica między tymi wartościami to oczywiście munda, możliwa do wyeliminowania dzięki wprowadzeniu zmian. [Luciejewski, 2003] Aby możliwe było stworzenie mapy, zarówno stanu obecnego jak i przyszłego, konieczne jest wyznaczenie danych. Ich dobór zależy od specyfikacji danego procesu oraz wyznaczonych celów.

Dane wykorzystywane podczas mapowania strumienia wartości:

- czas cyklu ( z angielskiego Cycle Time – C/T) – jest to czas mówiący o tym, jak często gotowy produkt opuszcza dany proces, a także ile czasu zajmuje operatorowi przejście przez wszystkie czynności, wykonywane przez niego w danym procesie,
- czas przezbrojenia (C/O) – czas przejścia z produkcji elementów danego typu, do czasu rozpoczęcia produkcji elementów innego typu,
- czas dodawania wartości (V/A) – czas poświęcony na czynności, które zwiększają wartość produktu tak, że klient jest gotów za niego zapłacić,
- czas przejścia ( z angielskiego Lead Time – L/T) – czas od momentu wejścia danej części na początku procesu produkcji do momentu opuszczenia jej na końcu procesu, zgodnie z filozofią lean powinien być jak najkrótszy,
- liczba operatorów,
- dostępność stanowiska pracy,
- rodzaje produktów i ich liczbę,
- dostępny czas pracy [17]

Po rozrysowaniu wszystkich procesów całego przepływu i wyznaczeniu powyższych danych oraz uwzględnieniu sposobu przekazywania informacji w danym strumieniu, mając mapę stanu obecnego ze zidentyfikowanymi źródłami marnotrawstwa można przejść do wyznaczania celów i rysowania mapy stanu przyszłego. Stan, który chcemy osiągnąć zgodnie z filozofią Lean to taki, w którym produkowana jest ilość dokładnie taka, jaka potrzebna jest procesowi następnemu, zgodnie z zamówieniem klienta. Procesy powinny być połączone w taki sposób, aby przepływ był płynny, czas możliwie naj-

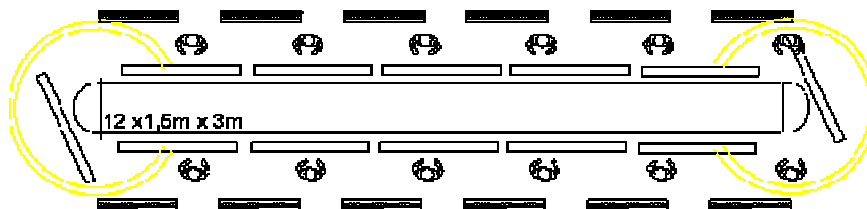
krótszy, koszty minimalne, a jakość najwyższa. [Martyniak, 1996] Aby dopasować tempo wytwarzania do zamówień klienta należy wyznaczyć czas taktu, czyli podzielić czas dysponowanego czasu pracy przez ilość produktów, które należy wyprodukować. Szybsze produkowanie niż z czasem taktu prowadzi do nadprodukcji, natomiast wolniejsze zmusza do stosowania nadgodzin, aby wywiązać się z zamówień. [Luciejewski, 2003]

### 3.1 MAPOWANIE STRUMIENIA WARTOŚCI W ZPU POSTĘP

Mapowanie strumienia wartości jest techniką stosowaną do identyfikacji marnotrawstwa u źródła, pozwala to na wyeliminowanie przyczyn i długoterminową poprawę, a nie na chwilowe maskowanie problemu. Aby stworzenie mapy przepływu było możliwe należy w pierwszej kolejności przejść wzdłuż całego procesu i zidentyfikować kluczowe etapy na danej linii. W artykule przedstawiono analizę procesu wytwarzania wiązki elektrycznej Basis Lol 3T1970000 AR. Jest to podstawowy element wchodzący w skład komisjonowanego zestawu. Jest to podstawa do stworzenia całości instalacji elektrycznej w samochodzie.

Cały proces produkcji wiązki składa się z dwunastu etapów zwanych taktami, kiedy wykonywane są rozłożenia oraz łączenie i izolowanie danych elementów.

Całość procesu formowania odbywa się za pomocą Przenośnika Desek Formierskich SAP-3306 zwanym potocznie ” karuzelą”, przy którym pracuje jednocześnie 12 osób. Przenośnik ma określoną prędkość obrotową co wymusza takt pracy dla pracowników.



Rys.4.1. Przenośnik desek formierskich SAP-3306 Źródło: materiały firmy ZPU

Kluczowe etapy procesu produkcji wiązki elektrycznej Basis Lol 3T1970000 AR:

- Rozkładanie kostek.
- Rozkładanie kostek, przewodów oraz modułów.
- Rozkładanie clipów, przewodów oraz łączenie w kostkach.
- Rozkładanie przewodów, clipów.
- Łączenie przewodów w kostkach oraz dokładanie następnych.
- Rozkładanie przewodów, clipów.
- Rozkładanie przewodów, clipów.

- Łączenie przewodów w kostkach oraz wstępna izolacja taśmą PCV.
- Izolacja taśmą PCV, dokładanie pianek ochronnych oraz ryglowanie kostek.
- Izolacja, zakładanie kabelhalterów, wykonywanie wikli pod kabelbindry.
- Izolacja ściśla, ryglowanie kostek.
- Dociskanie kabelbindrów, kontrola elektryczna, założenie halterów, pakowanie i etykietowanie.

### 3.2 Przygotowanie mapy stanu obecnego (current state map)

Aby możliwe było wykonanie mapy stanu obecnego należy w pierwszej kolejności wyznaczyć niezbędne do tego celu dane, przyjrzeć się dokładnie całemu procesowi podzielonemu na kolejne etapy. Zgodnie z celem wyznaczonym na podstawie zapotrzebowania klienta i uzyskania 100% wydajności firma ZPU powinna produkować 100 wiązek tego typu w ciągu jednej zmiany, która trwa osiem godzin. Odejmując pół godziny przewidziane na przerwę dla pracowników, czas wytwarzania wynosi siedem godzin i trzydzieści minut. Dzieląc czas przeznaczony na pracę przez liczbę wiązek, które muszą zostać wyprodukowane danego dnia można otrzymać czas taktu (TT), czyli tempo według którego powinna postępować produkcja.

$$TT = \frac{\text{Czas pracy dostępny w trakcie jednej zmiany [s]}}{\text{Poziom zamówień ad hoc przy przypadający na zmianę [szt]}}$$

$$TT = \frac{27000 \text{ s}}{100 \text{ szt}} = 270 \text{ s/szt.}$$

Czas taktu dla podanych danych wynosi 257 sekund, co równa się czterem minutom i trzydziestu sekundom. Oznacza to, że co cztery i pół minuty jedna wiązka powinna opuścić linię produkcyjną. Aby móc narysować mapę stanu obecnego należy wyznaczyć czas cyklu dla poszczególnych etapów produkcji. Nie należy sugerować się czasami teoretycznymi. Ważne jest, aby wartości były rzeczywiste, zmierzone stoperem w danym, badanym momencie z uwzględnieniem wszystkich szczegółów. W tym celu należy udać się na halę produkcyjną, obserwując, jak w rzeczywistości wygląda proces wytwarzania można dokonać pomiarów i zaobserwować, w których miejscach występuje munda. Podczas analizy poszczególnych etapów produkcji należy zwrócić szczególną uwagę na to, ilu operatorów pracuje w danym procesie, które czynności wykonują oraz ile czasu potrzeba do wykonania danej czynności.

Tab. 4. 1. Czas cyklu poszczególnych etapów produkcji wiązki Basis LOL, Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy ZPU POSTEP

Operator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Czynność	Rozkładanie kostek.	Rozkładanie kostek, przewodów oraz klipów.	Rozkładanie elipów, przewodów oraz łączenie w kosikach	Rozkładanie przewodów, elipów.	Łączenie przewodów w kosikach oraz dokładanie następnym wg ustalonej kolejności	Rozkładanie przewodów, elipów	Rozkładanie przewodów, elipów	Łączenie przewodów w kosikach	Łączenie przewodów w kosikach oraz wstępna izolacja taśmą PCV	Izolacja taśmą PCV, dokładanie pianek ochronnych oraz ryglowanie wybranych kostek	Izolacja, zakładanie kabelhalterów	wykonywanie wiki pod kabelbindry.	Izolacja ściśła, ryglowanie kostek	Dociskanie kabelbindrów, kontrola elektryczna obłożenia halterów, nakładanie i etykietowanie.	Suma czasów wszystkich operacji [h]
Nazwa skrócona	RK	RK,RP, RC	RK,RP, LK	RP,RC	LP,RP	LP,LK	RP,RC	LP,LK, IT	IT,DP, RK	LZK, WW	IS,RK	DK,KE, PE			
RK	04:47:00	02:30:00	02:05:00	03:14:00						01:03:00		02:26:00			
RP		01:17:00	01:17:00		02:55:00		01:45:00								
RC		01:07:00		02:12:00			02:39:00								
LK			01:29:00			02:13:00		02:20:00							
LP					01:47:00	02:18:00		01:15:00							
IT								01:02:00	01:10:00						
DP									02:18:00						
I										01:30:00					
ZK										02:05:00					
WW										01:13:00					
IS											02:27:00				
DK												01:15:00			
KE												02:25:00			
PE												01:19:00			
Suma	04:47:00	04:54:00	04:51:00	05:26:00	04:42:00	04:31:00	04:24:00	04:37:00	04:31:00	04:48:00	04:53:00	04:59:00	57:23:00		

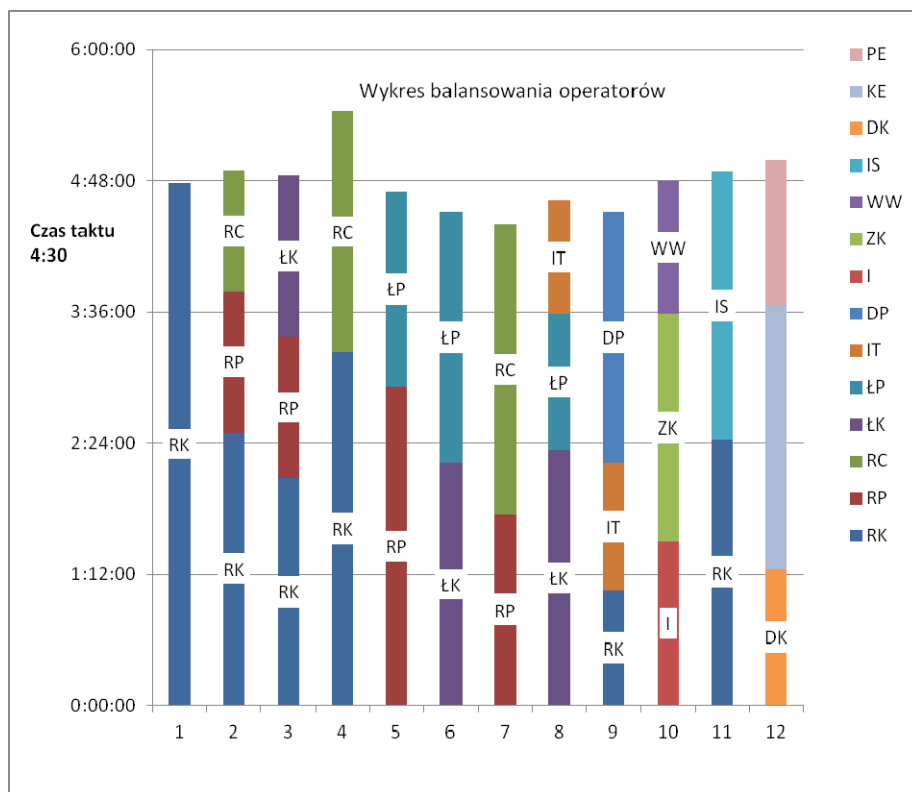
Dzięki takim informacjom w późniejszym czasie można tak zaprojektować proces, aby liczba operatorów była optymalna i aby wszyscy byli równo obciążeni pracą. Poniżej przedstawiam tabelę z informacjami na temat analizowanego procesu produkcji wiązki. W tabeli tej przedstawiony jest średni czas potrzebny na wykonanie danej czynności w danym etapie procesu. Podczas mapowania strumienia wartości, każdy operator jest zaznaczany tylko raz, nawet jeśli wykonuje więcej operacji.

Z informacji zawartych w powyższej tabeli wynika, że cały proces produkcji jednej wiązki do momentu zapakowania i przyklejenia etykiety trwa średnio pięćdziesiąt siedem minut i dwadzieścia trzy sekundy oraz, że w proces ten zaangażowanych jest dwunastu operatorów. Czasy poszczególnych etapów produkcji są bardzo różne, a operatorzy przemieszczając się w ramach stanowiska generują zbędne ruchy. Poniżej przedstawiam czas cyklu (CT) dla każdego operatora, czyli czas potrzebny na wykonanie przez niego wszystkich powierzonych mu czynności. Na podstawie wyznaczonych CT dla operatorów można sporządzić omawiany w dalszej części pracy wykres balansowania, obrazujący obciążenie pracą na poszczególnych stanowiskach.

Tab. 4. 2. Czas cyklu wykonywanych operacji przez poszczególnych operatorów na linii produkcyjnej wiązki Basis Lol. (Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów z przedsiębiorstwa ZPU POSTEP)

<b>Operator</b>	<b>Czas cyklu [h]</b>
<b>1</b>	04:47:00
<b>2</b>	04:54:00
<b>3</b>	04:51:00
<b>4</b>	05:26:00
<b>5</b>	04:42:00
<b>6</b>	04:31:00
<b>7</b>	04:24:00
<b>8</b>	04:37:00
<b>9</b>	04:31:00
<b>10</b>	04:48:00
<b>11</b>	04:53:00
<b>12</b>	04:59:00
<b>Suma</b>	<b>57:23:00</b>

Suma czasów pracy na wszystkich dwunastu stanowiskach wynosi pięćdziesiąt siedem minut i dwadzieścia trzy sekundy. Oznacza to, że gdyby wszystkie operacje wykonywała jedna osoba to, co tyle czasu jedna wiązka schodziłoby z linii produkcyjnej. Poniżej przedstawię wykres balansowania operatorów, który ilustruje rozdział pracy pomiędzy operatorami. Numery od jeden do dwanaście na osi poziomej odpowiadają poszczególnym pracownikom. Na osi pionowej podany jest średni czas potrzebny na wykonanie danych czynności przez każdego z pracowników, czyli czas cyklu każdego operatora. Skróty nazw poszczególnych operacji użyte w wykresie wyjaśnione są w powyższej tabeli 4. 2.



Rys. 4.2. Wykres balansowania operatorów na linii produkcyjnej wiązki Basis Lol (Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy ZPU POSTEP)

Obliczony wcześniej czas taktu dla produkcji wiązki elektrycznej Basis Lol 3T1970000 AR Przy zachowaniu 100% wydajności wynosi cztery minuty i trzydzieści sekund. Optymalne jest, aby czas potrzebny na wykonanie wszystkich czynności przez każdego z operatorów był zbliżony do czasu taktu. W ten sposób w pełni wykorzystać można czas pracy wszystkich pracowników, bez marnowania czasu na zbędne czekanie. Na powyższym wykresie można zauważyć, że czasy wykonywania czynności pomiędzy pracownikami się różnią i odbiegają od czasu taktu. Każda różnica pomiędzy czasem taktu a czasem cyklu operatora to marnotrawstwo, gdyż pracownik musi czekać, aż produkowana wiązka znajdzie się na jego stanowisku pracy. Na podstawie powyższych danych wykonana została mapa stanu obecnego (patrz załącznik1).

Dzięki użytym na mapie strzałkom w kształcie błyskawicy można odczytać, że informacje dotyczące zamówień są otrzymywane od osoby sterującej produkcją ręcznie za pomocą kart pracy. Komponenty przywożone są z magazynu skąd magazynierzy rozwożą potrzebne części na poszczególne stanowiska pracy. Pomiędzy kolejnymi operacjami

montażowymi i na mapie zostały użyte strzałki wskazujące na stosowanie w procesie systemu push, czyli systemu pchania. Każdy z operatorów wykonuje swoją w systemie taktu wymuszonego przez przenośnik desek formierskich. Ze względu na to, że wiązka elektryczna Basis Lol 3T1970000 AR jest montowana ręcznie nie został uwzględniony podczas mapowania czas przebrojenia maszyn, który wynosi 0 oraz przyjmujemy, że stanowisko pracy jest dostępne w trakcie zmiany cały czas.

Identyfikacja marnotrawstwa i sposoby jego eliminacji. Dokładnie analizując mapę stanu obecnego oraz wykres balansowania operatorów można zauważyć podstawowe problemy istniejące na tej linii produkcyjnej. Pierwszą sprawą zaobserwowaną podczas zbierania danych do mapy stanu obecnego jest muda zbędnych ruchów. Przejawia się tym, że pracownicy muszą przenosić komponenty potrzebne do wykonania montażu od miejsca odkładania ich na regałach pomocniczych do stanowiska pracy kilka razy w ciągu zmiany ze względu na mało efektywne rozmieszczenie ich na stanowisku pracy oraz niewystarczającej wielkości pojemniki na materiał. Zważywszy na to, że stanowiska są usytuowane w linii prostej, a miejsce komponentów jest przy stanowisku za plecami operatora pracownicy z dalszych stanowisk mają coraz dłuższe trasy do przejścia po potrzebne elementy w momencie braku komponentów za plecami operatora. W momencie, kiedy pracownik zapomni jakiejś części lub się pomyli i musi ją wymienić, traci dużo czasu, który w łatwy sposób można zaoszczędzić, zmieniając miejsce odkładania materiałów przez magazynierów, potrzebnych do danej operacji bezpośrednio przy stanowisku pracy, w którym będą używane. Kolejnym zidentyfikowanym problemem jest muda oczekiwania. Pojawia się wtedy, kiedy pracownik nie może wykonywać swojej pracy ze względu na nieskończenie je przez operatora na poprzednim stanowisku. Poprzez obserwację muda jest łatwa do zidentyfikowania.

Poddając analizie wykres balansowania operatorów można zauważyć, że pracownicy nr 5,6,7,8 i 9 wykonują montaż wiązki krócej niż pracownik 2, 3, 4 i 12. Oznacza to, że pracownicy 5,6,7,8 i 9 różnice w wyżej wymienionych czasach tracą na czekanie. Na kolejnych stanowiskach sytuacja wygląda podobnie. Jedni wykonują swoje operacje szybciej i czekają natomiast przy innych stanowiskach tworzą się zaległości gdyż operatorzy nie mogą nadażyć z wykonywaniem powierzonych im zadań, co doprowadza do zatrzymania procesu pracy i mniejszej wydajności. Ten rodzaj mudy wiąże się ze źle zaprojektowanym procesem i nierównomiernym rozdziałem obowiązków pomiędzy stanowiskami.

Zastosowane na mapie strzałki pomiędzy poszczególnymi etapami procesu wskazują na stosowanie w omawianym procesie systemu pchania. Oznacza to, że pomiędzy stanowiskami tworzą się przestoje, gdyż każdy operator wykonuje tyle operacji ile może, a nie tyle ile jest rzeczywiście potrzebne. Zły rozdział pracy i dostęp do materiału powoduje wydłużenie taktu na danym stanowisku. Zatem analizie zostanie poddanych dwanaście stanowisk.

Zgodnie z tabelą 4. 2. z poprzedniego punktu tej pracy, suma czasów cykli dwunastu operatorów zajmujących się pracami montażowymi wynosi pięćdziesiąt siedem minut i dwadzieścia trzy sekundy. Jest to wynik absolutnie nas nie zadowolający i odbiegający od założeń technologa oraz czasu taktu przewidzianego dla tych operacji. Dzielać ten

czas przez założony czas taktu możemy dowiedzieć się ilu operatorów jest potrzebnych, aby możliwa była produkcja zgodna z czasem taktu.

$$\text{Liczba potrzebnych operatorów} = \frac{\text{Suma CT wszystkich operatorów}}{\text{Czas Taktu}}$$

$$\text{Liczba potrzebnych operatorów} = \frac{57:30:00}{04:30:00} = 12,78$$

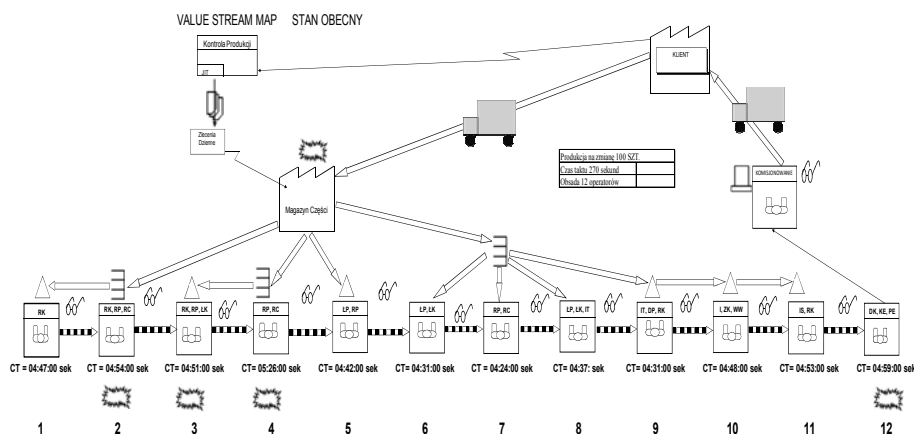
Do produkcji stu pięciu sztuk na dzień i zachowaniu 100% wydajności wiązki elektrycznej Basis Lol 3T1970000 AR , potrzebnych jest 13 operatorów zajmujących się montażem.

Do dyspozycji mamy przenośnik desek formierskich SAP-3306 z dwunastoma stanowiskami oraz dwunastu operatorów. Dlatego też sporządzając mapę stanu przyszłego należy poszczególne operacje rozdzielić tak, aby możliwe było rozdzielanie pracy i uwolnienie operatorów na stanowiskach zbyt obciążonych czynnościami i przeniesienie ich w miejsce, gdzie występuje mniejsze obciążenie stanowiska. Ważnym aspektem jest również ponowna analiza ułożenia materiału na stanowiskach, co skróci czasy międzyoperacyjne. Wygeneruje to dużą oszczędność dla przedsiębiorstwa.

Podsumowując, w stanie, który chcemy osiągnąć dzięki stworzeniu mapy stanu przyszłego, po zmianach na omawianej linii:

- pracować będzie dwunastu operatorów montażowych, z wydajnością 100%, co spowoduje skrócenie czasu pracy przy produkcji 1 wiązki o prawie cztery minuty.
- nadwyżki czasowe na poszczególnych stanowiskach rozdzielone zostaną pomiędzy operatorów dysponujących zapasem czasu,
- skrócony zostanie czas operacji stanowiskowych w poszczególnych jej fazach,
- stosowany będzie system rozmieszczenia materiału na stanowiskach wg zasad 5S.





Rys 4.3. Mapa stanu obecnego linii produkcyjnej wiązki elektrycznej Basis LOL.

### 3.3 Mapa stanu przyszłego (Future State Map) oraz plan działań

Zgodnie z zamówieniami klientów przesyłanymi drogą elektroniczną, produkowane będzie sto sztuk, z czasem taktu cztery minuty i trzydzieści sekund. Dział sterowania produkcją drogą elektroniczną będzie zamawiał potrzebne półfabrykaty, które zgodnie z zamówieniami produkcyjnymi będą dostarczane na poszczególne stanowiska pracy. W kwestii zamówień nie będą wprowadzane żadne zmiany w mapie stanu przyszłego. Zmieni się natomiast sposób produkcji oraz rozkład pracy i ułożenia materiału na stanowiskach oraz pomiędzy nimi. Po poddaniu analizie oraz rozmowach z operatorami uległa zmiana ułożenia materiału zgodnie z zasadą 5S. Jak widać na mapie stanu przyszłego, zasadniczą zmianą, jaka została wprowadzona w stosunku do stanu poprzedniego, jest zmiana z systemu push na system pull. Pomędzy kolejnymi etapami produkcji widać symbol „ssania”, co oznacza, że każdy operator zaczyna wytwarzanie kolejnej sztuki w momencie zakończenia taktu pracy przez poprzedniego operatora.

Poniżej przedstawię CT dla poszczególnych etapów produkcji po wprowadzeniu zmian oraz redukcji czasów na poszczególnych stanowiskach. Porównując czas wytwarzania jednej wiązki przed zmianami, który wynosił pięćdziesiąt siedem minut i trzydzieści sekund, z czasem po zmianach, który wynosi pięćdziesiąt trzy minuty i trzydzieści cztery sekundy można stwierdzić, że różnica wynosi trzy minuty i czterdzieści dziewięć sekund, co powoduje osiągnięcie wydajności na poziomie 100%. Biorąc pod uwagę fakt, że na zmianie, produkowanych jest sto wiązek wygenerowane oszczędności są stosunkowo duże. W tabeli przedstawię czas cyklu każdego z operatorów po wprowadzonych zmianach.

Tabela 3 Czas cyklu poszczególnych etapów produkcji po wprowadzonych zmianach

(Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy ZPU POSTEP)

Operator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Czynność	Rozkładanie kostek.	Rozkładanie kostek, przewodów oraz klipów.	Rozkładanie klipów, przewodów oraz łączenie w kostkach	Rozkładanie przewodów.	Łączenie przewodów w kostki oraz dokładanie następnym wg ustalonej kolejności.	Rozkładanie kostek, przewodów, łączenie w kostkach.	Rozkładanie przewodów, klipów	Łączenie przewodów w kostki oraz wstępna izolacja taśmą PCV	Izolacja taśmą PCV, dokładanie pianek ochronnych oraz ryglowanie wybranych kostek.	Izolacja, zakładanie kabelhalterów, wykonywanie wikli pod kabelbindry.	Izolacja ścisła, ryglowanie kostek	Dociskanie kabelbindrów, kontrola elektryczna obłożenia, pakowanie i etykietowanie.	Suma czasów wszystkich operacji [h]
Nazwa skrócona	RK	RK,RP,RC	RK,RP,LK	RP	LP,RP	LP,LK,RK	RP,RC	LP,LK,IT	IT,DP,RK	LZK,WW	IS,RK	DK,KE,PE	
RK	04:20:00	02:10:00	01:55:00	04:22:00		00:35:00			01:03:00		02:16:00		
RP		01:13:00	01:11:00		02:55:00		01:45:00						
RC		01:07:00					02:37:00						
LK			01:19:00			01:43:00		02:10:00					
LP					01:47:00	02:11:00		01:15:00					
IT								01:02:00	01:10:00				
DP									02:16:00				
I										01:20:00			
ZK										02:05:00			
WW										01:02:00			
IS											02:15:00		
DK												01:03:00	
KE												02:15:00	
PE												01:12:00	
Suma	04:20:00	04:30:00	04:25:00	04:22:00	04:42:00	04:29:00	04:22:00	04:27:00	04:29:00	04:27:00	04:31:00	04:30:00	53:34:00

Suma czasów cykli wszystkich operatorów została skrócona po zmianach o trzy minuty i pięćdziesiąt cztery sekundy, co spowodowało dojście do wydajności 100%. Jest to czas, który wcześniej był marnotrawiony na oczekiwanie bądź zbędne ruchy. Czasy cyklu poszczególnych operatorów wydłużyły się i zbliżyły do oczekiwanego czasu taktu. Na podstawie powyższej tabeli można przygotować wykres balansowania operatorów.

Tabela 4 Czas cyklu wykonywanych operacji przez poszczególnych operatorów na linii produkcyjnej wiązki Basis Lol po wprowadzonych zmianach.

(Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów z przedsiębiorstwa ZPU POSTEP)

Operator	Czas cyklu [h]
1	04:20:00
2	04:30:00
3	04:25:00
4	04:22:00
5	04:42:00

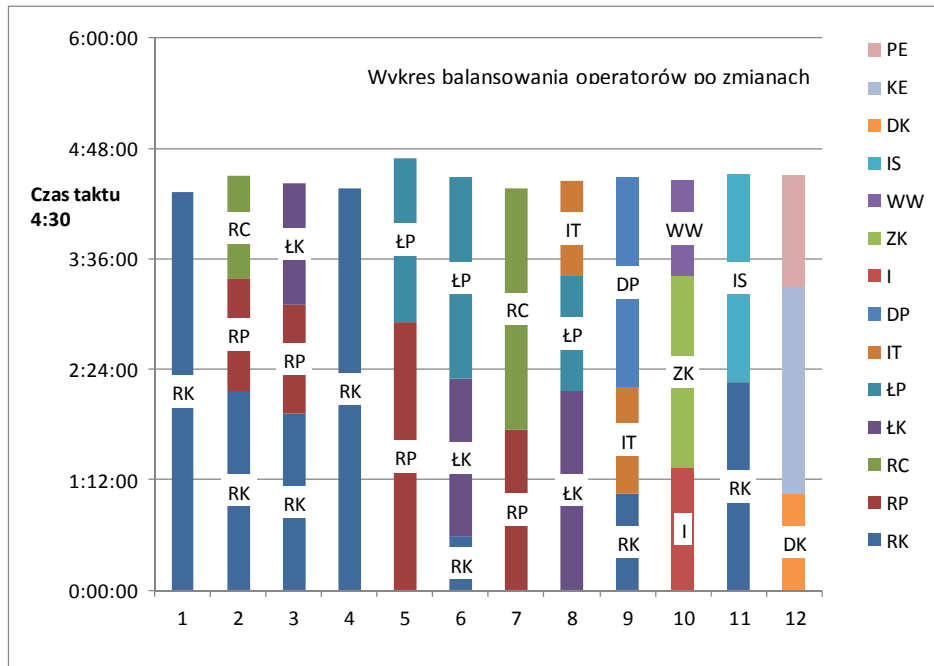
<b>6</b>	04:29:00
<b>7</b>	04:22:00
<b>8</b>	04:27:00
<b>9</b>	04:29:00
<b>10</b>	04:27:00
<b>11</b>	04:31:00
<b>12</b>	04:30:00
<b>Suma</b>	<b>53:34:00</b>

Na osi poziomej numery od 1 do 12 oznaczają poszczególnych operatorów, natomiast na osi pionowej zaznaczone są czasy cykli operatorów z podziałem na poszczególne czynności. TT oznacza czas cyklu przed zmianami, czyli średnio cztery minuty i czterdzieści siedem sekund, natomiast TT' wyznacza czas taktu dla wydajności 100%, tj. cztery minuty i dwadzieścia osiem minut. Porównując wykres (rys. 3) z wykresem balansowania operatorów przed zmianami można dostrzec szereg różnic w rozdziale pracy pomiędzy poszczególnymi stanowiskami pracy.

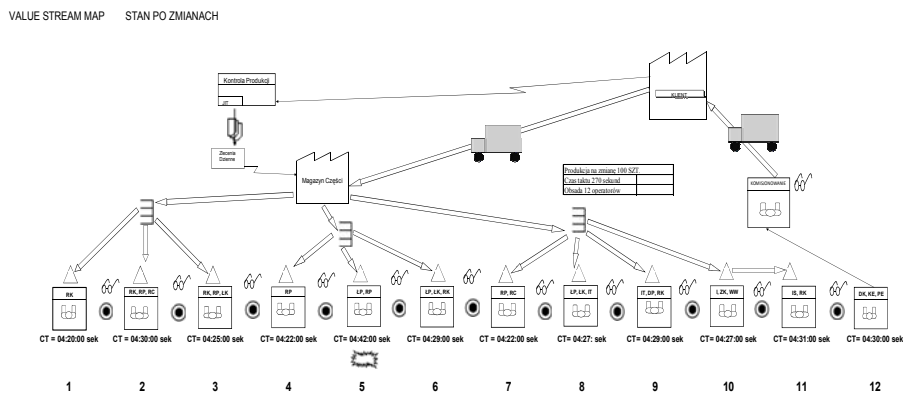
Po zmianach

- zmniejszono ilości operacji na wybranych stanowiskach, przekładając na stanowiska mniej obciążone,
- zlikwidowano operacje rozkładania clipów na stanowisku nr 4 przenosząc operację na stanowiska mniej obciążone, co skutkowało spadkiem czasu na stanowisku najbardziej obciążonym,
- dzięki analizie w ramach 5S zostały przebudowane miejsca przechowywania materiału na stanowisku pracy,
- w miarę równy czas cyklu pracy spowodował zwiększenie wydajności przy produkcji o prawie 5%,
- poprzez odpowiednie sterowanie zleceniami i długie serie tego samego wariantu podczas produkcji nastąpi wzrost wydajności spowodowany nabywaną wprawą oraz doświadczeniem.

Czas cyklu operatora piątego jest taki sam, co za tym idzie większy niż przewidziany po zmianach czas taktu. W tym przypadku należy wprowadzić ponownie działania Kaizen, dzięki którym możliwe będzie skrócenie czasów wykonywanych operacji na tym stanowisku. W związku z tym po wprowadzeniu wszystkich zaprojektowanych zmian należy udać się w miejsce produkcji, dokładnie przyjrzeć wszystkim wykonywanym operacją i znaleźć działanie, które jeszcze można usprawnić. Może to być np. zmiana miejsca odkładania półfabrykatów przez magazynierów. Krótsza trasa do przejścia wygeneruje oszczędność czasu. Dokładnie analizując kolejne wykonywane czynności danego etapu produkcji można zlokalizować miejsca, gdzie zasadne będzie wprowadzenie usprawnienia, dzięki któremu czas cyklu operatora zostanie jeszcze skrócony.



Rys. 4.4. Wykres balansowania operatorów po zmianach na linii produkcyjnej wiązki Basis Lol po zmianach. (Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy ZPU POSTEP)



Rys. 4.5. Mapa stanu przyszłego linii produkcyjnej Wiązki Basis LoL.

## WNIOSKI

Zarówno literatura przedmiotu, jak i przeprowadzone na potrzeby tej pracy badania i analizy jednoznacznie potwierdzają założenie, że wdrożenie filozofii Lean Manufacturing pozwala zoptymalizować procesy wytwórcze, a tym samym w widoczny sposób zredukować koszty związane z produkcją. Jednocześnie w ZPU udało się skompletować personel, który dzięki swojemu zaangażowaniu bierze stały udział w procesie ciągłego doskonalenia.

W artykule przedstawiono działania, które zwiększają koszty produkcji nie podnosząc jednocześnie wartości ani jakości produktu. W przedsiębiorstwie, które stosuje filozofię Lean każde działanie i każdy ruch powinny wpływać na większą wartość produktu, a tempo produkcji powinno być zgodne z tym, co wyznacza czas taktu, oraz dostosowane do wymagań klientów, tak by zaspokoić ich potrzeby bez kumulowania zapasów. Zastosowanie metod takich jak 5S, Kaizen, TPM, Value Stream Mapping, Kanban itp. prowadzi do wyeliminowania wszystkich wymienionych w drugim punkcie pierwszego rozdziału typów MUDA. Przykładem przedsiębiorstwa, które wdraża i ciągle doskonali zasady Lean Manufacturing jest analizowane przeze mnie ZPU POSTEP.

Pierwszy pozytywny aspekt to porządek, jaki panuje na hali produkcyjnej. Zapewnia on nie tylko bezpieczeństwo, ale i komfort pracy. Wielkość produkcji dzięki sterowaniu za pomocą systemu JET została dopasowana do realnego zapotrzebowania klientów, dzięki czemu nie gromadzi się niepotrzebnych zapasów, a pracownicy zostali przeszkoleni tak, aby w razie potrzeby mogli wspierać inne linie produkcyjne. Jest to bardzo ważne w momencie, kiedy popyt na wszelkiego rodzaju dobra jest niestabilny. Dzięki wprowadzeniu filozofii Lean poprawiono również komunikację na wszystkich szczeblach organizacji. Trenerzy Lean przekazują polecenia kierownictwa oraz dyrekcji pracownikom produkcyjnym, a z drugiej strony, dzięki trenerom pracownicy produkcyjni mogą wyrażać swoje opinie oraz dzielić się swoimi pomysłami (których, co widać na wykresie trzecim rozdziału drugiego tej pracy, nie brakuje). Jest to bardzo ważne, ponieważ to właśnie pracownik produkcyjny zna najlepiej swoje stanowisko pracy i potrafi określić, czy wprowadzanie zmian jest zasadne. Zgodnie z przyjętymi wartościami, przedsiębiorstwo ZPU wspiera różne inicjatywy oraz tworzy zespół wspólnie rozwiązujący problemy oraz wspierający się w dążeniu do wyznaczonych celów. Sukcesywne wdrażanie kolejnych elementów składających się na filozofię Lean doprowadziło do wykreowania przedsiębiorstwa, w którym każdy ma szansę na własny wkład w rozwój firmy, a potencjał i kreatywność pracowników są w pełni wykorzystywane. Takie działania nie tylko przynoszą korzyści w funkcjonowaniu procesów produkcyjnych, ale też poprawiają atmosferę w miejscu pracy oraz wpływają pozytywnie na motywację pracowników i ich chęć do angażowania się w prowadzone projekty. Z kolei standaryzowanie wprowadzanych zmian prowadzi do poprawy jakości wyrobów, wpływa też na komfort pracy zatrudnionych – nie mają oni wątpliwości jak wykonać dane zadania. W przypadku zatrudnienia nowej kadry, udokumentowany jest najlepszy sposób wykonywania danej operacji, a tym samym możliwe jest jego kontynuowanie i powtarzanie. Zastosowane w ZPU metody i techniki szczupłego wytwarzania mają na celu usprawnienie procesów, zmniejszenie kosztów produkcji, poprawę jakości i bezpieczeństwa oraz, co

najważniejsze zwiększenie zadowolenia klienta. Należy jednak pamiętać, że każde przedsiębiorstwo ma inną specyfikę i należy dobrać techniki tak, aby ich stosowanie przynosiło korzyści, a nie straty. Ważne jest dokładne analizowanie wszystkich etapów produkcji, by móc ustalić, co jest w nich zbędne. Posiadając pełną wiedzę o tym, co dodaje wartości w procesie produkcji i za co płaci klient, można rozpocząć eliminację marnotrawstwa i czekać na korzyści.

# **ANALIZA JAKOŚCIOWA PROCESU FREZOWANIA UZĘBIEŃ W FIRMIE NORD NAPĘDY NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO DETALU**

## **1. WPROWADZENIE**

W ostatnich kilkudziesięciu latach miał miejsce zdecydowany postęp techniczny. Powstawały coraz nowocześniejsze metody produkcji. Od lat 50-tych XX w. znalazły one swoje zastosowanie w przemyśle maszynowym. Równocześnie rozwijała się koncepcja zarządzania jakością (Oakland J.S., 1989).

Obecnie, w czasach globalizacji, każda firma produkcyjna ma łatwy dostęp do wszelkich nowinek technicznych dostępnych na rynku. Z tego powodu oraz ze względu na bardzo rozbudowany rynek producentów głównym czynnikiem, który może skłonić klienta do zakupu danego produktu jest jakość (Hamrol A., 2008, Karaszewski R., 2006, Lock D., 2002).

Poniższa praca dotyczy analizy jakościowej procesu produkcyjnego koła zębatego w jednym ze światowych liderów branży producentów napędów na świecie, zakładu NORD. Oddział firmy w Niemczech odpowiadający za szlifowanie zębów, zgłaszał problemy z przeprowadzeniem tej operacji, a nawet liczne uszkodzenia tarcz szlifierskich. Pomimo, że pomiary podczas produkcji wykazywały zachowanie tolerancji, do zakładu regularnie wracały reklamowane części.

Celem pracy było znalezienie przyczyny niskiej jakości powierzchni zęba w kole zębatym po operacji frezowania oraz zaproponowanie zmian, tak aby uzyskać odpowiednią jakość. Analiza uzyskanych zapisów w kartach wykazała, że głównym problemem była duża rozbieżność linii zasysu bocznego zęba, powodująca odchylenie zęba poza granice tolerancji. Problem rozwiązano wprowadzając zmiany w konstrukcji oprzyrządowania.

W pracy wykorzystano częściowo materiały własne firmy NORD (Materiały niepublikowane firmy NORD). Niektóre ze zdjęć przyrządów pomiarowych pochodzą ze stron internetowych ich producentów ([www.conrad.pl](http://www.conrad.pl), [www.fhu.kczachurski.pl](http://www.fhu.kczachurski.pl), [www.ito-polska.com](http://www.ito-polska.com), [www.otelo.com.pl](http://www.otelo.com.pl)). Do wykonania kart kontrolnych wykorzystano program STATISTICA (Iwasiewicz A., 1985, Sałaciński T., 2009).

## 2. SKRÓCONY OPIS PROCESU PRODUKCYJNEGO KOŁA ZĘBATEGO

### 2.1. Opis analizowanego detalu

Detalem, na którym jest przeprowadzana analiza jakościowa jest koło zębate o zębach skośnych, które jest stosowane do budowy reduktora walcowego płaskiego UNICASE firmy NORD. Oba zostały przedstawione na rys. 5.1. W ramce zaznaczono miejsce zamontowania detalu w motoreduktorze.



Rys.5.1. Koło zębate i jego miejsce zamontowania w motoreduktorze UNICASE

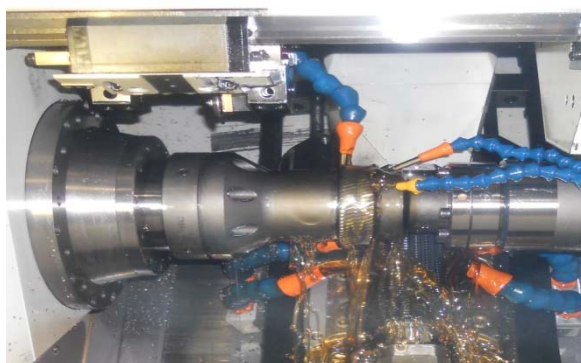
Proces produkcyjny koła zębatego obejmuje osiem etapów. Są to: cięcie pręta, toczenie, wybieranie wpustu, frezowanie, hartowanie, gratowanie, toczenie otworu oraz szlifowanie zębów. W zakładzie w Nowej Soli wykonywane są pierwsze cztery etapy. Następnie przefrezowane koła wyjeżdżają do zakładu macierzystego firmy Nord w Niemczech, gdzie są poddane dalszej obróbce, po czym wracają na montaż do Nowej Soli.

### 2.2. Frezowanie uzębienia

W zakładzie Nord Napędy wykonuje się frezowanie obwodowe-walcowe. Odbywa się to na frezarce firmy Koepfer. Jest to niewielka maszyna CNC z automatycznym podajnikiem części. Obrabiane są w niej koła od średnicy od 20 mm do 200 mm. Podczas obróbki stosowane jest chłodziwo, aby frez nie uległ przegrzaniu.

Operator po zapoznaniu się z rysunkiem technologicznym wprowadza do programu dane, takie jak moduł zęba, średnicę części, szerokość, a także ustawia wrzeciono oraz automatyczny podajnik. Po wykonaniu pierwszej części znosi ją do kontroli jakości, oczekując na zezwolenie produkcji. Operację frezowania przedstawiono na rys. 5.2.





Rys. 5.2. Frezowanie koła zębatego

Wykonana część po frezowaniu jest sprawdzana zgodnie z planem kontroli przedstawionym w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Plan kontroli po frezowaniu (opracowanie własne)

Nazwa procesu	Kontrolowana cecha		Specyfikacja/tolerancja	Sposób pomiaru	Liczebność	Częstość	Kontrolujący
	Nr	Wyrób					
Frezowanie	1	Szerokość zębów	36,63-36,67 mm	Mikrometr talerzykowy	1	Co 30 min	Operator/kontroler
	2	Wysokość zębów	min. 2,81 mm	Czujnik elektroniczny	1	Co 30 min	Operator/kontroler
	3	Odchyłka od ruchu obrotowego	max. 0,045 mm	Maszyna współrzędnościowa P200	1	Co 1 godz.	Kontroler
	4	Linia zarysu bocznego	max. 0,025 mm	Maszyna współrzędnościowa P200	1	Co 1 godz.	Kontroler

Szerokość zębów mierzy się za pomocą mikrometru talerzykowego. Z rysunku technologicznego należy odczytać liczbę zębów, na których wykonuje się pomiar oraz ich minimalną i maksymalną szerokość. Aby detal odpowiadał zakładanej tolerancji musi mieścić się w tej granicy. Pomiar szerokości zębów przedstawia rys. 5.3.



Rys. 5.3. Pomiar szerokości zębów

Pomiar wysokości zęba (rys. 5.4) wykonuje się za pomocą czujnika elektronicznego umieszczonego na statywie. Detal zakładany jest na trzpień pomiarowy (jego średnica jest zależna od średnicy otworu), który dla uzyskania stabilności umieszcza się w kłach. Igła naciska na górę zęba i czujnik jest wyzerowany. Potem zostaje opuszczona pomiędzy zęby do najniższego punktu, tak, że dotyka wrębów zębów. Dla modułu 1 wysokość minimalna wynosi 2,25 mm, dla modułu 2 wynosi 4,5 mm, dla modułu 3 wynosi 6,75 mm itd.



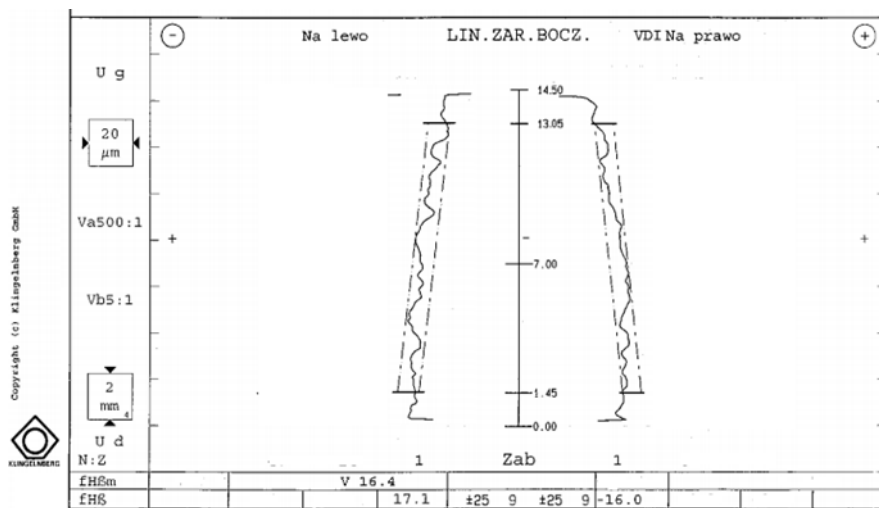
Rys. 5.4. Pomiar wysokości zębów

Odchyłkę od ruchu obrotowego (bicie) oraz linię zarysu bocznego mierzy się maszyną współrzędnościową P200. Pomiar zilustrowano na rysunku 5.5.



Rys. 5.5. Pomiar bicia oraz linii zarysu bocznego

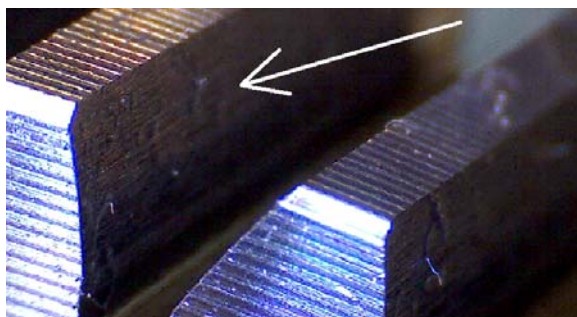
Linia zarysu bocznego jest to linia wzdłuż powierzchni bocznej zęba, która rozciąga się na całej jej długości dokładnie pośrodku między wierzchołkiem, a dnem wrębu zęba. Igła pomiarowa przejeżdża wzdłuż tej linii wykrywając nierówności. Ząb jest mierzony z dwóch stron, lewej i prawej. Odchylenia w pionie obrazują te nierówności. Ponadto są one przedstawione za pomocą cyfr (jednostką są mikrometry). W tym wypadku linia zarysu bocznego lewej strony zęba wynosi  $17,1 \mu\text{m}$ , a dla prawej  $-16,0 \mu\text{m}$  (na rys. 5.6 jest to wiersz oznaczony skrótem fHß).



Rys. 5.6. Wydruk z pomiaru linii zarysu bocznego zęba

### 3. ANALIZA JAKOŚCIOWA KSZTAŁTOWANIA ZARYSU BOCZNEGO ZĘBA

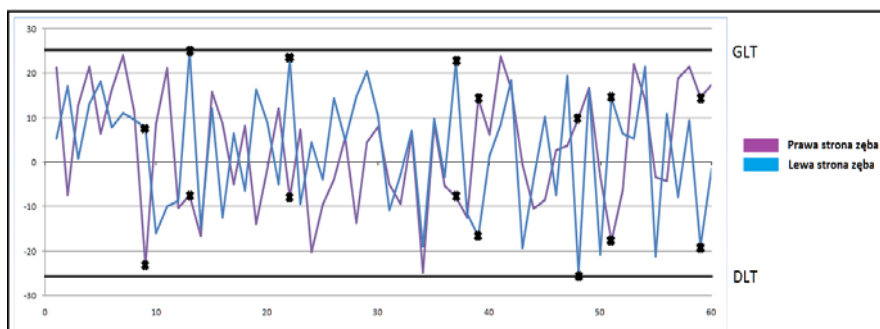
Na rysunku 5.7. przedstawiono szczyt zęba w analizowanym kole zębatym w powiększeniu. Powierzchnia zaznaczona strzałką ukazuje miejsce, które zostało poddane badaniom. Chociaż pomiar zarysu linii bocznej jest podawany w  $\mu\text{m}$ , na zdjęciu widać, że powierzchnia boczna nie jest gładka i posiada nierówności, które wpływały na jej późniejszą obróbkę.



Rys. 5.7. Szczyt zęba w powiększeniu w analizowanym detalu

W celu zdiagnozowania przyczyny produkcji wadliwych detali wykonano serię pomiarów z reklamowanej partii. Przed rozpoczęciem pomiarów maszyna została skalibrowana. Dwóch przeszkolonych kontrolerów zmierzyło, co 15 część. Każdy z nich zmierzył ich 30, co w sumie dało 60 pomiarów. W każdym detalu wykonano pomiar jednego zęba z dwóch stron. Wyniki pomiarów są podawane w  $\mu\text{m}$  (mikrometrach). Tolerancja odchylenia wynosi  $\pm 25 \mu\text{m}$ . Dodatkowym kryterium, który wymaga odziah w Niemczech jest różnica pomiędzy lewą, a prawą stroną zęba, która ma wynosić maksymalnie  $30 \mu\text{m}$ .

Z uzyskanych wartości wynika, że zarys lewej strony zęba waha się w przedziale od  $23,2$  do  $21,3 \mu\text{m}$ , a rozrzut wynosi  $44,5 \mu\text{m}$ . Natomiast zarys prawej strony zęba zawiera się w przedziale od  $23,9$  do  $-24,8 \mu\text{m}$ , rozrzut wynosi  $48,7 \mu\text{m}$ . Na podstawie tych danych widać, że dla lewej i prawej strony zęba wyniki mieszczą się w specyfikacji, a wartości skrajne są bardzo blisko granic tolerancji. Pomimo tego, zgłaszano w dalszym ciągu problem podczas szlifowania. Problem ten wynikał z rozbieżności pomiędzy lewą, a prawą stroną zęba. Chociaż oba mieściły się w granicach specyfikacji, to jednak nie spełniały kryterium maksymalnego odchylenia od siebie wynoszącego  $30 \mu\text{m}$ . Na rysunku 8 nałożono na siebie dwa wykresy rozmieszczenia wyników zaznaczono „x” miejsca, gdzie występuje ta niezgodność. Kolor niebieski przedstawia lewą stronę, a kolor fioletowy prawą stronę zęba.



Rys. 5.8. Porównanie zarysu lewej i prawej strony zęba

Pomiar był wykonany na 60 próbkach. Aż 8 z nich nie mieściło się w założeniach konstruktorskich. Stąd wynikał problem przy późniejszej obróbce i części były reklamowane.

Tabela 5. 2. przedstawia różnicę pomiędzy tymi wynikami. Kolor żółty przedstawia dobre wyniki, natomiast kolor brązowy określa przekroczenie ponad 30  $\mu\text{m}$ .

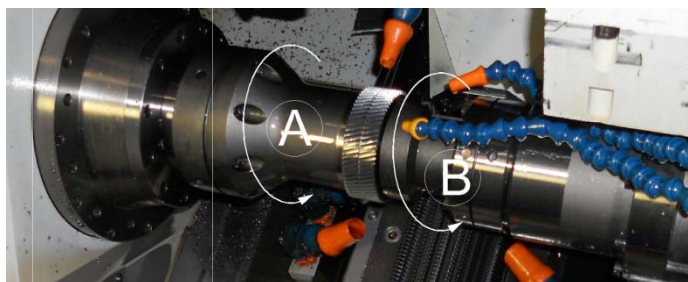
Średnio co 7,5 pomiaru, wynik wykraczał poza wyznaczone granice. Oprócz tego rozrzut niektórych próbek był bliski górnej granicy tolerancji (30  $\mu\text{m}$ ), co świadczyło o tym, że proces nie jest stabilny.

Tabela 5.2. Zestawienie wyników pomiarowych wraz z różnicą

Nr pomiaru	śr (lewa strona)	śr (prawa strona)	Różnica	Nr pomiaru	śr (lewa strona)	śr (prawa strona)	Różnica	Nr pomiaru	śr (lewa strona)	śr (prawa strona)	Różnica	Nr pomiaru	śr (lewa strona)	śr (prawa strona)	Różnica
1	5,3	21,4	16,1	16	-12,3	8,7	21	31	-10,7	-5	5,7	46	-7,5	2,7	10,2
2	17,1	-7,5	24,6	17	6,4	-4,9	11,3	32	-2,8	-9,3	6,5	47	19,4	3,8	15,6
3	0,7	12,8	12,1	18	-6,4	8,2	14,6	33	7,2	6,4	0,8	48	-25	9,9	34,8
4	13,1	21,5	8,4	19	16,4	-13,8	30,2	34	-18,9	-24,8	5,9	49	16,3	16,8	0,5
5	18,2	6,5	11,7	20	8,9	-1,3	10,2	35	9,8	8,6	1,2	50	-20,7	-3,2	17,5
6	7,9	16,3	8,4	21	-5	12,1	17,1	36	-3,3	-5,2	1,9	51	14,5	-17,7	32,2
7	11	24	13	22	23,2	-8	31,2	37	22,6	-7,7	30,3	52	6,5	-6,4	12,9
8	9,7	11,4	1,7	23	-9,3	7,4	16,7	38	-11,5	-12,4	0,9	53	5,3	22,1	16,8
9	7,7	-23,2	30,8	24	4,5	-20,2	24,7	39	-16,6	14,3	30,9	54	21,5	14	7,5
10	-16	8,6	24,6	25	-3,9	-9,6	5,7	40	1,4	6,2	4,8	55	-21,3	-3,4	17,9
11	-9,9	21,1	31	26	14,5	-3,9	18,4	41	8,5	23,9	15,4	56	10,8	-4,2	15
12	-8,7	-10,2	1,5	27	5,1	5,6	0,5	42	18,6	16,6	2	57	-7,7	18,9	26,6
13	25	-7,5	32,5	28	14,8	-13,7	28,5	43	-19,3	-0,4	18,9	58	9,4	21,6	12,2
14	-14,9	-16,6	1,7	29	20,5	4,5	16	44	-3,7	-10,5	6,8	59	-18,9	14,6	33,8
15	12,1	15,8	3,7	30	10,3	8	2,3	45	10,1	-8,4	18,5	60	-1,3	17,4	18,7

Dokonano analizy całego procesu frezowania, tak, aby znaleźć czynnik, który ma wpływ na niską stabilność procesu. Poddano badaniom skład chemiczny stali, z której jest wytwarzany detal. Wynik potwierdził, że jest ona odpowiednia. Badania grubości powłoki freza wykazały, że spełnia ona wymagania. Operatorzy zostali przeszkoleni ponownie z przezbrajania maszyny oraz ustawiania jej parametrów, więc możliwość popełnienia błędu z tego powodu również odrzucono. Także przeprowadzono kontrolę części po toczeniu i przeciąganiu wpustu i okazały się dobre.

Po wykluczeniu powyższych czynników, które mogły mieć wpływ, na jakość detalu, zauważono, że problem może wynikać z niestabilnego mocowania części. Na rysunku 5.9 pokazano miejsce poddane testom.



Rys. 5.9. Mocowanie przedmiotu obrabianego

Podczas frezowania zabierak (A), docisk (B) oraz detal kręcą się w jednym kierunku (tak jak pokazują strzałki). Zabierak jest elementem, na którym część się opiera, natomiast docisk odpowiada za stabilność zamocowania części. Maksymalny możliwy docisk w tej frezarce wynosi 15000 N. Jednym z powodów dużych odchyłek podczas pomiarów mógł być za słaby docisk. W celu potwierdzenia tezy wykonano serię pomiarów. Założono części i ustawiono dokładnie takie same parametry skrawania jak podczas standardowej produkcji, zmieniając jedynie siłę docisku. Zmierzono 7 części z różną siłą docisku. Wyniki znajdują się w tabeli 5.3.

Wyraźnie widać, że siła docisku ma wpływ na zarys boczny zęba. Stopniowo im jest ona wyższa, tym odchylenia lewej i prawej strony zęba od granicy tolerancji się zmniejszają. Wynika to z budowy docisku w miejscu styku z detalem. Powierzchnia przylegająca do koła jest płaska i dodatkowo przeszlifowana (rys. 5.10).

Tabela 5.3. Porównanie zarysu bocznego zęba przy różnej sile docisku

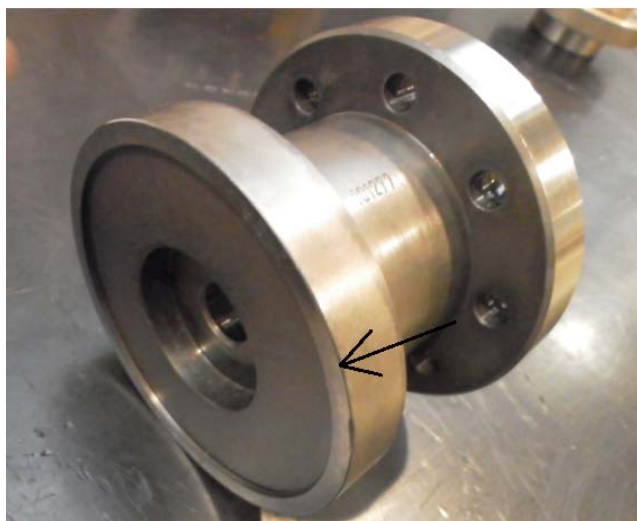
Nr pomiaru	Siła docisku	Lewy zarys zęba	Prawy zarys zęba
1	1000 N	-144,5	-189,8
2	2500 N	92,6	-126,4
3	5000 N	-71,7	-87,6
4	7500 N	67,5	-49,7
5	10000 N	49,1	44,2
6	12500 N	-27,8	31,4
7	15000 N	17,7	-6,9

Ustalono, że wobec tego podczas obrotu, nawet przy maksymalnej sile docisku, może dojść do przesunięcia się powierzchni bocznej koła względem docisku. Podjęto działania mające to wykluczyć. Został zaprojektowany nowy docisk, który w miejscu ze-

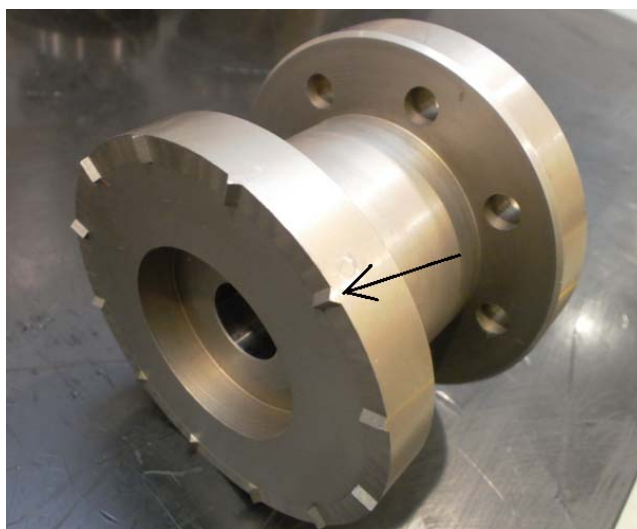


tknięcia się z kołem ma zęby (rys.5.11). Dzięki temu podczas frezowania detal jest stabilniej zamocowany i jego powierzchnia boczna nie ślizga się względem docisku.

Ponownie wykonano 7 pomiarów przy różnej sile docisku. Pomiar przeprowadzali ci sami kontrolerzy na skalibrowanej maszynie pomiarowej. Wyniki znajdują się w tabeli 5.4.



*Rys. 5.10. Docisk z płaską powierzchnią przylegania*



*Rys. 5.11. Docisk z powierzchnią przylegania z zębami*

Tabela 4. Porównanie zarysu bocznego zęba przy różnej sile docisku

Nr pomiaru	Sila docisku	Lewy zarys zęba	Prawy zarys zęba
1	1000 N	65,1	63,4
2	2500 N	-57,5	61
3	5000 N	49,6	-47,2
4	7500 N	41,3	39,7
5	10000 N	26,4	-28,8
6	12500 N	14,1	-18,5
7	15000 N	-3,7	7,7

Po zastosowaniu nowego docisku odchylenie zarysu bocznego zęba jest zdecydowanie mniejsze niż przy poprzednich pomiarach (przy takiej samej sile docisku). Został rozwiązany problem zbyt dużej rozbieżności między lewą, a prawą stroną zęba w danej części, który maksymalnie mógł wynosić 30  $\mu\text{m}$ . Różnica tej rozbieżności została przedstawiona w tabeli 5.5.

Żółty kolor oznacza, że rozbieżność nie wykracza poza granice. Potwierdził to również oddział firmy w Niemczech, który prowadzi dalszą obróbkę szlifowania zębów. Części przestały być reklamowane.

Pomiary przeprowadzili ci sami kontrolerzy co poprzednio w tej samej kolejności (4 próbki do pomiaru, co 60 minut). Łącznie 100 pomiarów dla lewej i 100 dla prawej strony zęba.

Tabela 5.5. Różnica zarysu bocznego między lewą, a prawą stroną

Nr pomiaru	xśr (lewa strona)	xśr (prawa strona)	Różnica	Nr pomiaru	xśr (lewa strona)	xśr (prawa strona)	Różnica
1	3,9	-6,8	10,7	14	3,7	-2,4	6,1
2	1,6	6,2	4,6	15	-6,6	5,3	11,9
3	-3	9,3	12,3	16	0,6	-2,9	3,5
4	9,3	-8	17,3	17	2,1	5,6	3,5
5	-3,8	1,8	5,6	18	5	-11,1	16,1
6	3,1	-5,9	9	19	-3,5	3,2	6,7
7	10,9	-10,5	21,4	20	8,7	-4,9	13,6
8	4,5	2,1	2,4	21	-10,2	10	20,2
9	-2	4,8	6,8	22	-6	3,9	9,9
10	-4,9	-1,8	3,1	23	6,9	-3,7	10,6
11	-8,7	4,6	13,3	24	9,4	-5,8	15,2
12	1,3	-1	2,3	25	-1,9	2,4	4,3
13	-2,8	2,5	5,3				

Wyniki z pomiarów zarysu bocznego zęba dla lewej strony zęba wraz z rozmieszczeniem w czasie przedstawiono w tabeli 5.6, a dla prawej strony zęba w tabeli 5.7.



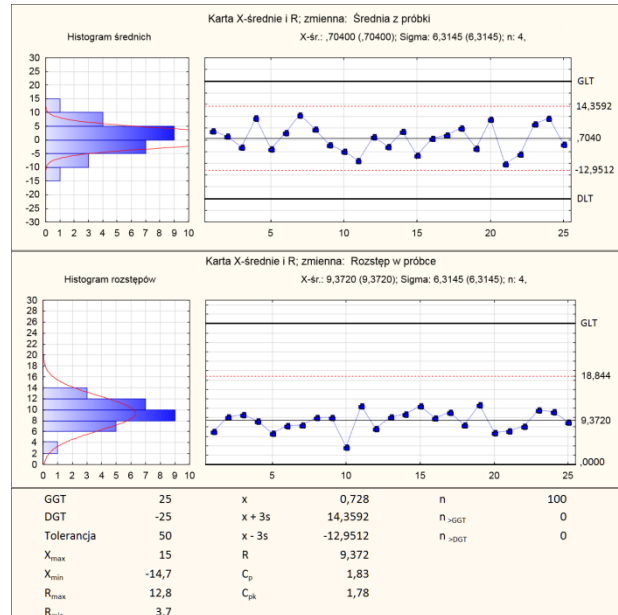
Tabela 5.6. Zarys boczny zęba – lewa strona (opracowanie własne)

Tabela pomiarowa								
Nazwa detalu:		Antriebsrad		Operacja:		Frezowanie		
Nr rysunku:		5257101-2		Cecha kontrolowana:		Zarys boczny		
Nr zlecenia:		100241156		Strona mierzona		Lewa		
Moduł:		1,25						
Nr pomiaru	Data	Próbka 1	Próbka 2	Próbka 3	Próbka 4	Średnia z próbki	Rozstęp z próbki	
1	17-10-2012 06:15	7,3	3,4	4,7	0,3	3,9	7,0	
2	17-10-2012 07:17	2,0	0,8	6,8	-3,3	1,6	10,1	
3	17-10-2012 08:12	-0,6	-9,9	-2,1	0,7	-3,0	10,6	
4	17-10-2012 09:14	8,9	13,9	9,7	4,6	9,3	9,3	
5	17-10-2012 10:13	-4,7	-6,6	-3,8	0,1	-3,8	6,7	
6	17-10-2012 11:16	1,3	5,7	-1,4	6,9	3,1	8,3	
7	17-10-2012 12:15	6,0	12,2	14,4	10,8	10,9	8,4	
8	17-10-2012 13:17	11,3	2,8	1,3	2,7	4,5	10,0	
9	17-10-2012 14:14	-7,0	-3,9	-0,2	3,0	-2,0	10,0	
10	17-10-2012 15:13	-5,4	-6,1	-2,4	-5,8	-4,9	3,7	
11	17-10-2012 16:12	-10,3	-7,5	-14,7	-2,2	-8,7	12,5	
12	17-10-2012 17:16	0,9	1,7	5,2	-2,5	1,3	7,7	
13	17-10-2012 18:15	-2,2	-4,1	2,7	-7,5	-2,8	10,2	
14	17-10-2012 19:17	7,2	-4,6	6,2	5,9	3,7	10,8	
15	17-10-2012 20:15	-5,9	-7,8	-0,1	-12,6	-6,6	12,5	
16	17-10-2012 21:13	-0,4	5,6	-4,3	1,4	0,6	9,9	
17	17-10-2012 22:18	4,6	-4,8	2,2	6,4	2,1	11,2	
18	17-10-2012 23:15	3,3	0,5	8,9	7,4	5,0	8,4	
19	18-10-2012 00:14	3,7	-4,9	-12,8	0,0	-3,5	12,8	
20	18-10-2012 01:16	4,9	8,8	9,5	11,7	8,7	6,8	
21	18-10-2012 02:17	-14,4	-10,0	-7,2	-9,2	-10,2	7,2	
22	18-10-2012 03:18	-5,3	-1,3	-7,7	-9,5	-6,0	8,2	
23	18-10-2012 04:19	0,6	5,9	12,2	8,7	6,9	11,6	
24	18-10-2012 05:17	3,7	9,1	9,7	15,0	9,4	11,3	
25	18-10-2012 06:14	0,5	2,4	-3,8	-6,7	-1,9	9,1	

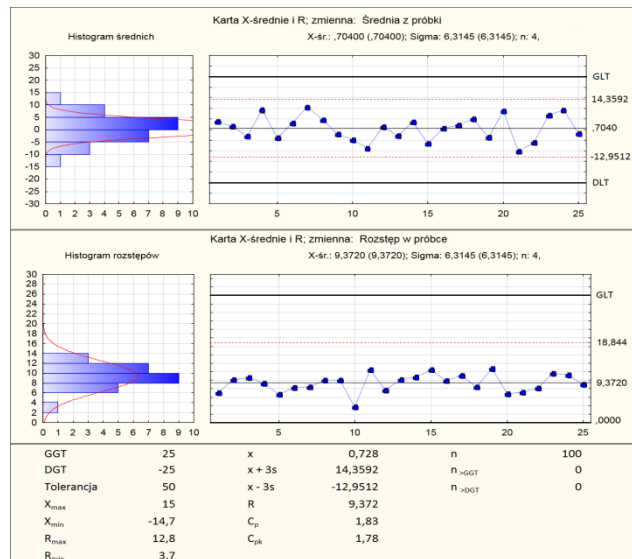
Tabela 5.7. Zarys boczny zęba – prawa strona (opracowanie własne)

Tabela pomiarowa								
Nazwa detalu:	Antriebsrad		Operacja:		Frezowanie			
Nr rysunku:	5257101-2		Cecha kontrolowana:		Zarys boczny			
Nr zlecenia:	100241156		Strona mierzona		Prawa			
Moduł:	1,25							
Nr pomiaru	Data	Próbka 1	Próbka 2	Próbka 3	Próbka 4	Średnia z próbki	Rozstęp z próbki	
1	17-10-2012 06:20	-6,7	-6,5	-12,1	-1,8	-6,8	10,3	
2	17-10-2012 07:22	12,6	4,7	0,9	6,6	6,2	11,7	
3	17-10-2012 08:17	10,4	9,1	7,4	10,1	9,3	3,0	
4	17-10-2012 09:19	-6,7	-13,7	-3,8	-7,9	-8,0	9,9	
5	17-10-2012 10:18	0,2	-3,1	5,7	4,4	1,8	8,8	
6	17-10-2012 11:21	-5,2	-11,4	-6,2	-0,8	-5,9	10,6	
7	17-10-2012 12:21	-15,8	-8,5	-11,6	-5,9	-10,5	9,9	
8	17-10-2012 13:21	0,0	4,7	-3,9	7,6	2,1	11,5	
9	17-10-2012 14:20	2,7	0,9	5,9	9,7	4,8	8,8	
10	17-10-2012 15:19	-0,1	-7,1	3,6	-3,7	-1,8	10,7	
11	17-10-2012 16:17	4,4	8,6	-1,1	6,3	4,6	7,4	
12	17-10-2012 17:21	-2,1	3,0	-6,7	1,8	-1,0	8,5	
13	17-10-2012 18:18	-5,7	4,7	6,0	4,8	2,5	11,7	
14	17-10-2012 19:22	0,3	-2,2	-5,7	-1,9	-2,4	6,0	
15	17-10-2012 20:20	6,4	10,6	0,0	4,1	5,3	10,6	
16	17-10-2012 21:18	-1,4	-3,3	-8,0	1,1	-2,9	9,1	
17	17-10-2012 22:23	6,1	-1,7	7,2	10,7	5,6	12,4	
18	17-10-2012 23:20	-9,5	-11,9	-17,3	-5,6	-11,1	11,7	
19	18-10-2012 00:19	3,0	2,1	8,5	-0,9	3,2	9,4	
20	18-10-2012 01:20	-5,2	0,6	-10,1	-4,8	-4,9	10,7	
21	18-10-2012 02:21	11,3	5,2	14,7	8,9	10,0	9,5	
22	18-10-2012 03:23	3,3	5,7	7,4	-0,7	3,9	8,1	
23	18-10-2012 04:24	0,8	-9,7	-1,4	-4,6	-3,7	10,5	
24	18-10-2012 05:22	-6,1	-1,9	-10,3	-5,0	-5,8	8,4	
25	18-10-2012 06:19	1,0	-2,0	2,8	7,6	2,4	9,6	

Na podstawie otrzymanych wyników stworzono karty kontrolne średniej i rozstępu. Poniżej przedstawiono je w postaci histogramu i wykresów (rys. 5.12 - dla lewej strony zęba i rys. 5.13 – dla prawej strony zęba).



Rys. 5.12. Karta średniej i rozstępu dla lewej strony zęba (opracowanie własne)



Rys. 5.13. Karta średniej i rozstępu dla prawej strony zęba (opracowanie własne)

Po przeanalizowaniu powyższych wyników należy stwierdzić, że działania podjęte do poprawy jakości przyniosły zamierzony efekt. Na kartach  $\bar{x} - R$  widać, że wyniki oscylują w środku przedziału pola tolerancji. Wcześniej "zahaczały" o jej granice. W związku z tym zmniejszył się także rozstęp w próbce. Przed wprowadzeniem zmian w konstrukcji docisku, rozstęp wynosił średnio 17,712  $\mu\text{m}$  dla lewej strony zęba i 20,004  $\mu\text{m}$  dla prawej strony. Po wprowadzeniu nowego docisku średni rozstęp wynosił odpowiednio 6,736  $\mu\text{m}$  i 6,312  $\mu\text{m}$ . Także współczynniki zdolności jakościowej procesu  $C_p$  oraz wycentrowania  $C_{pk}$ , przekroczyły wymagany próg 1,67.

#### 4. POSUMOWANIE

Wykonana analiza dotyczyła powierzchni zęba w kole zębatym po operacji frezowania. Badaniom poddano zarys boczny zęba (jego lewą i prawą stronę). Tolerancja wymagana wynosiła  $\pm 25 \mu\text{m}$ . Pierwsze pomiary wykazały, że mimo dużego rozrzutu mieściły się one w tolerancji. Jednak podczas kolejnej operacji (szlifowanie zębów w Niemczech) uszkodzeniu ulegały narzędzia szlifujące. Przyczyną okazało się przekroczenie kryterium mówiącego o tym, że między lewą i prawą stroną zęba różnica może wynosić maksymalnie 30  $\mu\text{m}$ . Po wprowadzeniu tabel porównujących okazało się, że w ok. 20% detali zostało ono przekroczone. Wskaźniki zdolności i wycentrowania procesu ( $C_p$  i  $C_{pk}$ ) potwierdziły, że nie jest on stabilny. Zapisy w formularzach pokontrolnych również wskazywały, że proces frezowania jest niestabilny. Wartości wskaźników ( $C_p$  i  $C_{pk}$ ) wynosiły odpowiednio, dla lewej strony zęba 0,97 i 1,02 oraz dla prawej strony 0,86 i 0,83.

Jako działania korygujące wykonano nowy docisk. Stary docisk został przeprojektowany i do powierzchni przylegającej do detalu zostały dodane zęby. W ten sposób koło przestało się ślizgać względem mocowania podczas frezowania.

Kolejna analiza przeprowadzona po zastosowaniu nowego docisku wykazała, że proces frezowania uległ poprawie. Dla lewej strony zęba współczynnik  $C_p = 1,83$  a  $C_{pk} = 1,78$  i odpowiednio dla prawej strony zęba  $C_p = 1,80$  a  $C_{pk} = 1,81$ . Specjalnie zaprojektowana karta kontrolna  $\bar{x} - R$  również potwierdziła wzrost stabilności zarysu bocznego zęba. Wyraźnie widać, że pas rozrzutu poszczególnych pomiarów uległ znacznemu zawężeniu.

Poza polepszeniem jakości zostały również obniżone koszty utrzymania narzędzia frezującego. Frez walcowy musiał być ostrzony przed zmianą docisku co 3000 szt. (średnio 1 raz w miesiącu), po wprowadzeniu nowego docisku co 4500 szt (co 1,5 miesiąca). Koszt ostrzenia jednego freza wynosi około 300 zł. Firma raz na 3 miesiące oszczędza tę kwotę tylko na 1 frezie. Przy nowym docisku można wykorzystywać także wszystkie pozostałe frezy należące do zakładu. Miesięcznie ostrzonych było średnio 15 różnych frezów, więc co kwartał NORD Napędy oszczędzi około 4500 zł.

Jakość wykonania detalu oraz obniżenie kosztów utrzymania frezów polepszyły się na tyle, że kierownictwo firmy zdecydowało, iż na drugiej frezarce Kopfer w zakładzie również zostanie zamontowany taki sam docisk.

# REINŻYNIERIA PROCESÓW ZAOPATRZENIA W PLANOWANIU MATERIAŁÓW SZYBKO I DŁUGO ROTUJĄCYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

## 1. WPROWADZENIE

Procesy biznesowe stanowią swoistą grupę procesów zachodzących w systemie przedsiębiorstwa. Odwołując się do definicji procesu biznesowego - tj. zbioru powiązanych ze sobą czynności ukierunkowanych na realizację określonego celu biznesowego w oparciu o wykorzystywane zasoby i sterowane za pośrednictwem strategii organizacji - w obszarze badawczym analizowano następujące cechy procesów zachodzących w wybranym przedsiębiorstwie (Nowosielski S. 2008), (Wrycza S. 2010):

- Rezultat procesu, który rozpoczyna się i kończy u klienta, w odniesieniu do procesów głównych – gdzie odbiorcami są klienci zewnętrzni oraz procesów wspomagających, których odbiorcami są klienci wewnętrzni przedsiębiorstwa,
- Identyfikację personalną tj przypisanie osoby odpowiedzialnej za osiągnięcie celów zdefiniowanych do procesu,
- Strukturę organizacyjną, w której proces biznesowy składają się z działań/zadań o mniejszym znaczeniu, ale pozwalający przydzielać i monitorować pracę osób odpowiedzialnych,
- Przetwarzanie danych i informacji zgodnie zaplanowanym przebiegiem w odniesieniu do zdefiniowanych parametrów np. czas, koszt, jakość, czy zużycie surowców i materiałów,
- Punkt startu (wejścia) i stopu (zakończenia) procesu biznesowego skorelowany odpowiednio z procesem wcześniejszym i późniejszym,
- Tworzenie zdefiniowanych i zaplanowanych wartości (forecast w produkcji, sprzedaży itp.),
- Możliwość zwiększania wartości poprzez reorganizację i/lib sprawne zarządzanie (np. usuwanie zbędnych czynności/informacji).

W praktyce gospodarczej podejście procesowe prezentuje systematyczną identyfikację i analizę zachodzących relacji i powiązań w systemie przedsiębiorstwa. Stąd modelowanie wybranego procesu biznesowego (ang. *Business Process Modeling*) koncentruje się na szczegółowym przedstawieniu (zwykle z wykorzystaniem metod graficznych) działań i czynności zachodzących w badanym procesie, w taki sposób, aby jak najbardziej realnie

odzworować ich specyfikę, kolejność w czasie, wykonawców, wzajemne relacje i powiązania oraz przepływające zasoby, dokumenty i informacje.

Modelowanie procesów biznesowych można rozpatrywać w ujęciu szerszym, lub węższym. Ujęcie szersze skupia się na projektowaniu i budowaniu modelu procesu od podstaw (od dokonania identyfikacji zachodzących działań/czynności, przez ich szczegółową analizę, po wdrożenie projektu modelu, który w ostatnim etapie podlega weryfikacji i ocenie), natomiast modelowanie w ujęciu węższym sprowadza się do projektowania zmian w zamodelowanym już procesie (projektowanie nowych czynności/działań lub sposobu usprawnienia istniejących) – w związku z tym jego stosowanie jest zależne od sytuacji i może występować sporadycznie (Nowosielski S. 2008).

W artykule zwrócono uwagę na problemy przedsiębiorstwa produkcyjnego branży spożywczej, w którym nie podejmuje się prób identyfikowania i analizowania zachodzących procesów, lecz stawia się na funkcjonalną orientację, zarówno na etapie planowania, jak i przy bieżącej realizacji zadań. Kierownictwo firmy nie przejawia systemowego myślenia i nie dba o sprawny przepływ informacji istotnych z punktu widzenia całokształtu działalności organizacji, przez co podejmowane decyzje nie są optymalne. Jednym z efektów takiego postępowania są narastające zapasy materiału o krytycznym interwale dostawy (np. owijki do wielosmakowych cukierków). Przyrost zapasów powoduje, iż wskaźniki relacji aktywów oraz rotacji zapasów przedsiębiorstwa, odbiegają od średniej wartości wskaźników branżowych i wskaźników firm zajmujących się podobną działalnością, co w efekcie końcowym, prowadzi do tego, iż firma staje się coraz mniej konkurencyjna na rynku.

## **2. METODY BADAWCZE WYKORZYSTANE DO OCENY INWESTYCJI FARMY WIATROWEJ**

Analizowana firma jest średniej wielkości przedsiębiorstwem branży cukierniczej, funkcjonującym na rynku od połowy lat 50. Głównym przedmiotem działalności firmy jest wytwarzanie cukierków i ciastek (kod: „1082.Z” według Polskiej Klasyfikacji Działalności). Produkcja jest wielosortymentowa o typie średnioseryjnym, i odbywa się na dwóch liniach produkcyjnych w systemie, jedno, dwu lub trzymianowym (druga i trzecia zmiana uruchamiane są w zależności od powodzenia sprzedaży). Jest to typowa produkcja na magazyn (Make-To-Stock), gdzie wyroby gotowe spływają do magazynu przed otrzymaniem zamówień od klientów. W związku z tym zakupy materiałów dokonywane są w celu zapewnienia produkcji, w wyniku której w odpowiednim terminie zostaną uzupełnione zapasy wyrobów gotowych.

Przedsiębiorstwo w wielu aspektach jest ograniczone, nie stosuje nowoczesnych technik planowania, analizy oraz zarządzania. Organizacja posiada strukturę funkcjonalną i tym samym nie jest nastawione na zachodzące procesy. Każdy z czterech głównych działów w strukturze organizacyjnej (Dział Sprzedaży - DS., Dział Produkcji – DP, Dział Zaopatrzenia – DP, Dział Marketingu – DM) charakteryzuje się dużą autonomią, gdzie wzajemna komunikacja jest słabo rozwinięta – brak efektywnego przepływu informacji, co skutkuje brakiem koordynacji podejmowanych działań. Formalizacja i standaryzacja

pracy są na niskim poziomie – większość kluczowych informacji przekazuje się ustnie, bez określonej procedury. Do tego celu służy czwartkowa narada zwana potocznie „operatywką”. Biorą w niej udział kierownicy wszystkich działów, jednakże spotkanie ma charakter głównie informacyjny, gdzie poszczególni kierownicy wymieniają się informacjami, bez wyrażania własnych opinii, spostrzeżeń, czy propozycji. Głównym celem operatywki jest przekazanie kierownikom planu produkcji na następny tydzień. Podczas wymiany informacji każdy dział stosuje własne jednostki miar – brak przeliczników, umożliwiających odniesienie omawianych wielkości do własnej jednostki planowania. Dodatkowo Dział Zaopatrzenia planuje w dłuższym horyzoncie czasu niż Dział Produkcji i Dział Sprzedaży (plany dwutygodniowe vs. plany tygodniowe). Żaden z analizowanych działów nie ma dostępu do informacji kosztowych. Kalkulacja kosztów jest robiona skrupulatnie, a jej wyniki przedstawiane są jedynie dla Zarządu firmy. Przedsiębiorstwo nie dokonuje również zapisu informacji historycznej, nie tworzy statystyk ani profesjonalnych prognoz. Słabe strony firmy przedstawiono w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Słabe strony przedsiębiorstwa (opracowanie własne)

Wyszczególnienie	Słabe strony
Orientacja	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wyłącznie funkcjonalna,</li> <li>– brak świadomości zachodzących procesów,</li> <li>– brak systemowego obrazu organizacji,</li> </ul>
Autonomia działów	– bardzo wysoka,
Poziom formalizacji pracy	– bardzo niski,
Poziom standaryzacji pracy	– bardzo niski,
Procesy komunikacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak efektywnego przepływu informacji,</li> <li>– brak procedur wzajemnego informowania się,</li> <li>– brak wspólnej jednostki przedmiotu komunikacji (stosowanie różnych jednostek miary),</li> </ul>
Procesy planowania (zaopatrzenia, sprzedaży, produkcji)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak uwzględniania kosztów całkowitych,</li> <li>– brak podglądu na sytuację pozostałych działów,</li> <li>– różna jednostka planowania poszczególnych działów (brak stosownych przeliczników miar),</li> <li>– różny horyzont czasowy planowania dla produkcji i sprzedaży w stosunku do zaopatrzenia,</li> <li>– planowanie podstawowe, zacofane o niskim poziomie skomplikowania, nie poparte stosownymi obliczeniami,</li> <li>– brak opierania się na statystykach i prognozach,</li> <li>– brak systematycznej weryfikacji odchyleń od planów i uaktualniania planów,</li> </ul>

<b>Posiadane informacje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak systemu zapisu, archiwizowania i udostępniania danych historycznych i statystycznych,</li> <li>– brak potrzeby i nawyku sięgania po dane historyczne przy wykonywaniu bieżących zadań,</li> <li>– brak dostępu do informacji kosztowych,</li> <li>– brak dostępu do informacji sprzedażowych,</li> <li>– brak informacji o nowych produktach,</li> <li>– brak pomiaru czasu pracy maszyn i czasu przebrojeń,</li> </ul>
<b>Organizacja narady</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– charakter informacyjny,</li> <li>– brak koncentracji na optymalnym wykorzystaniu zasobów,</li> <li>– brak wspólnego rozwiązywania problemów,</li> <li>– brak wymiany zdań i propozycji usprawnienia podejmowanych działań,</li> <li>– brak wpływu na narzucone warunki - brak sprzężeń zwrotnych,</li> <li>– brak materiałów drukowanych i prezentacji wizualnych (informacje ustne, konieczność notowania),</li> </ul>
<b>Cel pracy poszczególnych działów</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wykonanie zadania, bez świadomości wygenerowanych kosztów,</li> <li>– brak zainteresowania procesem poprzedzającym i następującym,</li> <li>– brak zainteresowania tworzeniem wartości dla klienta wewnętrznego.</li> </ul>

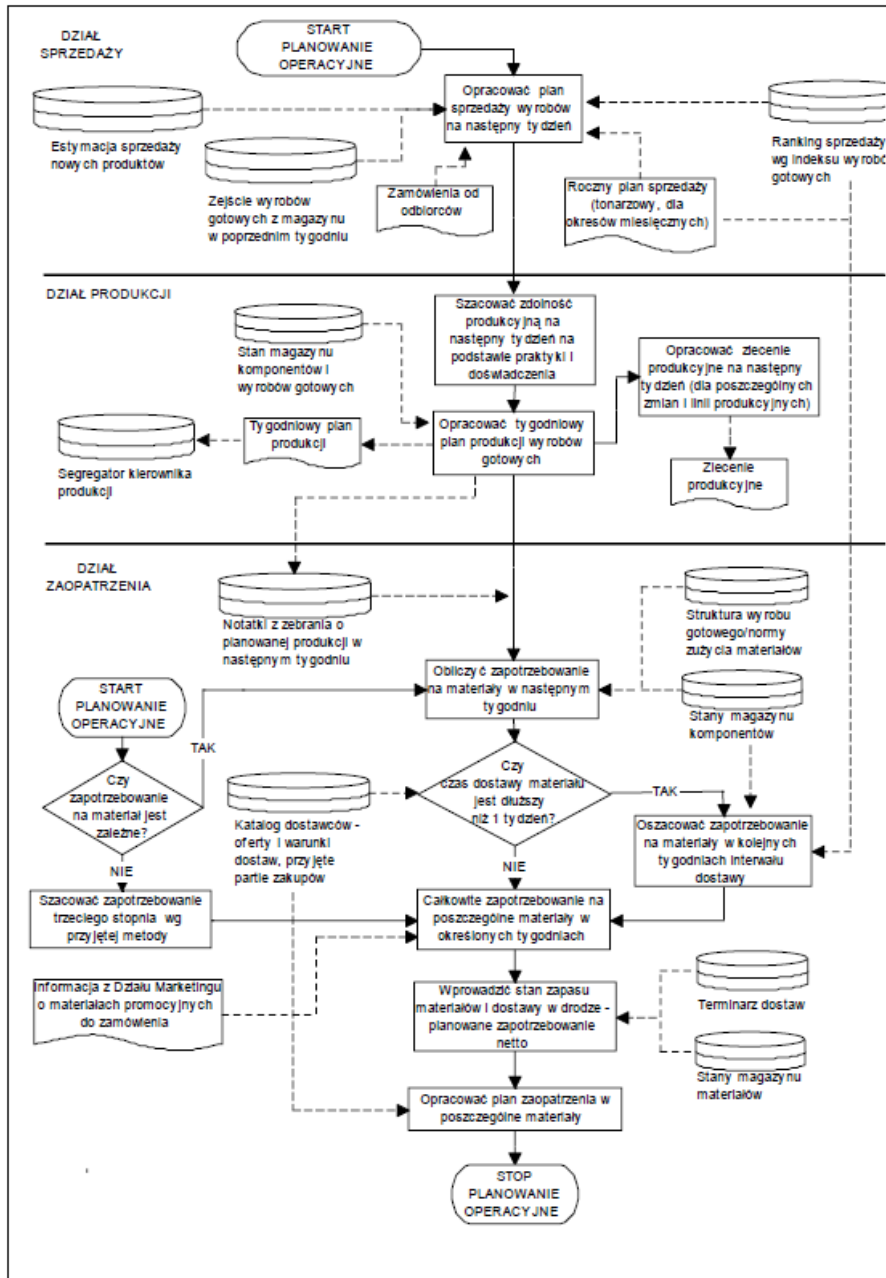
Na tle wyspecyfikowanych powyżej słabych stron analizowanego przedsiębiorstwa zdiagnozowano szereg problemów, z których najważniejszy w ujęciu kosztów dotyczy narastających zapasów owijki do wielosmakowych cukierków, sprzedawanych w opakowaniach zbiorczych (tzn. jedna paczka cukierków zawiera cztery różne smaki, każdy o osobnej grafice owijki). Kierownik produkcji każdorazowo samodzielnie ustala wielość partii produkowanych pojedynczych smaków cukierków, nie kierując się żadnym normatywem. Pomimo częściowego zautomatyzowania procesu produkcyjnego, masa na cukierki (wybrany smak) wyrabiana jest metodą półautomatyczną, co powoduje odchyłki od zadanej wielkości produkcji, natomiast finalne napełnianie paczek cukierkami o różnych smakach (czterema smakami) odbywa się w sposób automatyczny, przez co cukierki trafiają do wspólnej paczki losowo (nie ma możliwości skalkulowania ile cukierków danego smaku przypada na wyrób gotowy). Dodatkowo, plany tygodniowe nie obciążają zdolności produkcyjnych w 100%, co okresowo (w przypadkowych odstępach czasu) wymusza produkcję nadmiarową jednego ze smaków cukierka (kierownik produkcji kieruje się zasadą „ludzie nie mogą stać”). Wszystko to powoduje to, iż kolejne partie produkcyjne smaku stają się nieregularne (przykładowo dla wyrobu składającego się z czterech różnych smaków cukierków ich partia produkcyjna w danym tygodniu może kolejno wynosić: 7T, 7,5T, 6,5T oraz 2,5T). Z powyższych względów nie można



zaplanować i przewidzieć potrzeb materiału opakowaniowego (owijki) danym tygodniu/miesiącu a nawet roku produkcyjnym.

Powyższe czynniki, nie stanowią jedyne problemu w planowaniu zakupów i dostaw tzw. owijki. Jako, iż każdy typ owijki, charakteryzuje się unikatową i barwną grafiką (grafika i kolorystyka opakowania jest jedną z najważniejszych form marketingu), koszt ich wydruku przez producenta i tym samym koszt zakupu, zależy od wielkości zamówienia - im firma zakupi więcej owijki, tym cena jednostkowa będzie niższa (przy czym niewielkie gabaryty rolki owijki pozwalają na wysyłkę owijek kurierem, co powoduje, iż koszt transportu jest stały w stosunku do zmian wielkości zamówienia). Przedsiębiorstwo dokonało optymalizacji kosztowej wielkości dostaw owijek, z której wynika konieczność zamawiania dużych jej ilości w dłuższym horyzoncie czasu. Uznano, iż ze względu na opłacalność zakupów, nie można zmniejszyć tak zaplanowanej wielkości dostawy. Należy przy tym zaznaczyć, że optymalizacja ta bierze pod uwagę jedynie koszty różnych wariantów zamówień – czyli polega na porównywaniu zmian kosztów zamówień w stosunku do wielkości zamówienia, bez zestawienia ich z kosztami utrzymywania zapasu nadmiarowych ilości zamówionej owijki, a także kosztów przebrojenia w sytuacji dokonywania częstych dostaw, mniejszych ilości owijki.

Istotną kwestią jest również to, na jakich informacjach opiera się Dział Zaopatrzenia planując dostawy owijki. Jak już wspomniano, plany produkcji tworzone są na jeden tydzień – stąd do Działu Zaopatrzenia wpływa informacja (informacja ustna na czwartkowym zebraniu), co i w jakich ilościach będzie produkowane w następnym tygodniu, lecz bez podziału na poszczególne dni. Na tej podstawie można obliczyć, jakie będzie przewidywane zużycie owijki po wykonaniu tygodniowego planu produkcyjnego. Jednakże problem dotyczy w głównej mierze szacowania wielkości zużycia owijki w kolejnym tygodniu – co jest konieczne z uwagi na fakt, iż dostawy następują w dwutygodniowych odstępach czasu. Dział Zaopatrzenia posługuje się do tego celu informacją o zejściu danej owijki z magazynu oraz rocznym planem sprzedaży, mającym formę tabeli prezentującej plan tonażu sprzedaży w kolejnych miesiącach, bez podziału na konkretne wyroby (przykładowo: styczeń – 200 T, luty – 300 T, marzec – 150 T itd.).



Rys. 6.1. Mapa procesu planowania operacyjnego w badanym przedsiębiorstwie (opracowanie własne)

Dodatkowo na podstawie ustnej informacji przekazywanej na zebraniu, Dział Zaopatrzenia dowiadyuje się, jak przedstawia się tygodniowy i miesięczny ranking sprzedaży według indeksu wyrobów gotowych, dzięki czemu zapewnia w pierwszej kolejności dostawy materiałów wchodzących w skład wyrobów sprzedających się najlepiej. Ostatnią informacją jest stan poszczególnych smaków cukierków na magazynie. Na tej podstawie szacuje się wielkość produkcji cukierków konieczną do wyrównania ilości według smaków.

Pewnym uszczegółowieniem opisywanej sytuacji jest mapa procesu planowania operacyjnego przedstawiona na rysunku 6.1. Mapa odwzorowuje kolejność zachodzących procesów planowania w poszczególnych działach przedsiębiorstwa (strzałki o linii ciągłej) oraz dane na jakich bazują (strzałki o linii przerywanej). Najważniejszym elementem mapy jest algorytm postępowania Działu Zaopatrzenia przy operacyjnym planowaniu zapotrzebowania na materiały i zaopatrzenia (przedstawia następujące po sobie działania dla procesu o nazwie „planowanie zapotrzebowania i zaopatrzenia” przedstawionym na diagramie DFD).

Mapa obrazuje wyłącznie proces planowania operacyjnego – w tym przypadku tygodniowego dla Działu Sprzedaży i Produkcji, oraz dwutygodniowego (i dopuszczalnie dłuższego) dla Działu Zaopatrzenia. Jedynym elementem pochodzącym z planowania wyższego poziomu (taktycznego) jest roczny plan sprzedaży. Brak jest natomiast informacji, na jakiej podstawie jest on sporządzany oraz jak odbywa się planowanie strategiczne w badanej firmie.

Jak można zauważyć na rys. 1. przedsiębiorstwo w głównej mierze opiera się na doświadczeniu, stosowanych praktykach i szacunkach. Już na etapie planowania sprzedaży, przyjęto znaczne uproszczenie planowania sprzedaży tygodniowej, przyjmując, że sprzedaje się tyle, ile „zeszło” w poprzednim tygodniu. Z kolei etap tworzenia planu produkcji poprzedzony jest szacowaniem zdolności produkcyjnej, a nie jej obliczaniem. Jak już wspomniano partia produkcyjna jest różna w zależności od rozwoju sytuacji i tym samym jest wynikiem spontanicznej decyzji podejmowanej przez kierownika produkcji. Opieranie się na szacunkach jest również jedną z praktyk stosowanych przy planowaniu zapotrzebowania na materiały. Jako, iż firma jest przedsiębiorstwem przemysłowym branży spożywczej, nie wykazuje zapotrzebowania niezależnego (m.in. na towary, czy części zamienne). W przypadku zapotrzebowania zależnego na materiał o czasie dostawy dłuższym niż tydzień (jak owijka), jego planowanie opiera się na szacowaniu zużycia w okresie nie objętym tygodniowym planem produkcji.

### **3. KONCEPCJA USPRAWNIEŃ PROCESU ZAOPATRZENIA W BADANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE**

Kierując się zasadą „od ogółu do szczegółu” pierwszym krokiem, od którego zaplanowano usprawnienie to sformułowanie planu na szczeblu taktycznym. W planie tym należy w szczególności opracować roczny plan sprzedaży, roczny plan zdolności produkcyjnych i roczny plan produkcji (w formie jednego zbilansowanego dokumentu, przedstawiającego wielkość sprzedaży do dyspozycji), i zweryfikować z planem strategicznym. Roczny plan sprzedaży powinien przedstawiać wielkość miesięcznej sprzedaży poszcze-

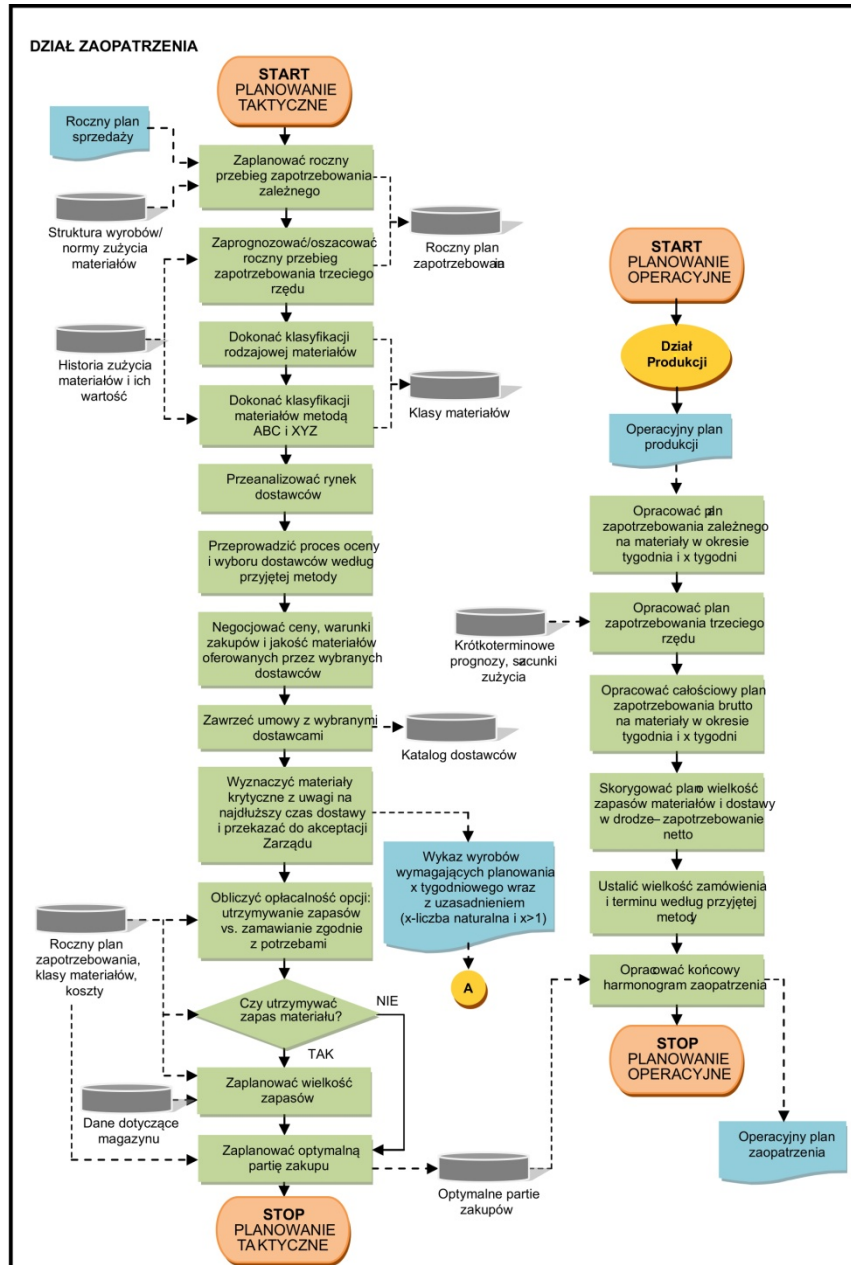
gólnych wyrobów gotowych ujętych w kilku grupach: produkty typowe, produkty nowe, akcje (stałe produkty o okolicznościowym opakowaniu, jak np. cukierki i ciastka w opakowaniu o grafice świątecznej, czy walentynkowej) i inne - według uznania firmy. Do planowania wielkości sprzedaży produktów typowych i wspomnianych wyżej akcji zaplanowanych przez Dział Marketingu należy zastosować metody prognozowania na podstawie szeregu czasowego sprzedaży z ostatnich okresów (a nie tak, jak to robiono dotychczas - na podstawie porównań zejsz wyrobów w poprzednim roku i miesiącach), natomiast wielkość sprzedaży produktów nowych należy przyjąć na podstawie estymacji Działu Sprzedaży.

Istotną kwestią przy rocznym planowaniu produkcji względem rocznego planu sprzedaży powinno być ustalenie zdolności produkcyjnej dla każdego miesiąca w roku. Wahania zdolności produkcyjnej będą wynikały ze zmienności zaplanowanej sprzedaży dla danego miesiąca (firma może uruchomić drugą, a nawet trzecią zmianę produkcyjną w miesiącach, dla których przewiduje się, że sprzedaż będzie cieszyć się powodzeniem). Roczny plan produkcji podobnie, tak jak plan sprzedaży, powinien być tworzony dla indeksów wyrobów gotowych z podziałem na grupy produktów, w okresach miesięcznych.

Plan strategiczny musi być aktualizowany co roku, natomiast roczny plan sprzedaży, zdolności produkcyjnych i produkcji, co kwartał - należy przy tym badać odchylenia od planów i ich przyczyny i na tej podstawie wprowadzać adekwatne zmiany założeń planów.

Obok wyżej wymienionych planów, konieczne jest także przeprowadzenie raz do roku taktycznego planowania zapotrzebowania i zaopatrzenia materiałowego (rysunek 6.2). Pierwszym krokiem jest zaplanowanie rocznego przebiegu zapotrzebowania zależnego na materiały dla każdego miesiąca w roku, na podstawie rocznego planu sprzedaży (charakter branży przedsiębiorstwa nie generuje zapotrzebowania niezależnego na etapie planowania Działu Zaopatrzenia). Plan ten, podobnie jak plan sprzedaży, powinien być opracowany z uwzględnieniem podziału materiałów na materiały typowe, nowe i okazyjne (jak, np. opakowania do tzw. akcji). Następnie Dział Zaopatrzenia powinien określić zapotrzebowanie trzeciego rzędu (na materiały eksploatacyjne i pomocnicze oraz narzędzia zużywane podczas produkcji) Dla materiałów stosunkowo drogich należy zastosować metody prognozowania ich zużycia, natomiast dla tańszych materiałów można zastosować metody heurystyczne.

Po określeniu planowanego zapotrzebowania na wszystkie materiały w ciągu roku, kolejnym krokiem powinno być dokonanie ich klasyfikacji rodzajowej oraz klasyfikacji metodą ABC i XYZ. Podziały te ułatwią przedsiębiorstwu podjęcie taktycznej decyzji w zakresie utrzymywania zapasów poszczególnych grup materiałów. Następnie należy przeanalizować rynek dostawców i po zidentyfikowaniu potencjalnych firm, przeprowadzić proces ich oceny według przyjętej metody. W rezultacie należy wybrać najlepszego dostawcę danego materiału (lub grupy wspólnie kupowanych materiałów) z punktu widzenia przyjętych kryteriów.



Rys. 6.2 Proces taktycznego i operacyjnego planowania materiałowego (opracowanie własne)

Po ustaleniu grupy dostawców przedsiębiorstwa, Dział Zaopatrzenia powinien rozpocząć z nimi negocjacje w kwestii cen materiałów, warunków zakupów oraz jakości oferowanych materiałów, by ostatecznie zawrzeć z nimi umowę dostawy. Na tej podstawie Dział Zaopatrzenia tworzy tzw. katalog dostawców, gdzie znajdują się m.in. informacje o postanowieniach umowy, o cenach i rabatach, minimalnej partii zakupu, o sposobie transportu, minimalnej i maksymalnej partii transportowej, czy o czasie dostawy.

Korzystając z tak opracowanego katalogu dostawców, Dział Zaopatrzenia powinien wyznaczyć materiały krytyczne, czyli takie, które są dla przedsiębiorstwa trudno dostępne z uwagi na stosunkowo długi czas dostawy. Dla wyrobów zawierających takie materiały należy wydłużyć okres planowania, w odstępach tygodniowych. Przykładowo w obecnej sytuacji, gdy owijka do cukierków posiada najdłuższy czas dostawy, w porównaniu do innych materiałów - równy dwa tygodnie, natomiast planowanie operacyjne sprzedaży i produkcji w przedsiębiorstwie dokonywane jest na okres jednego tygodnia, owijka powinna uzyskać miano materiału krytycznego i tym samym wyroby zawierające w swojej strukturze owy materiał powinny zostać wyznaczone do planowania dwutygodniowego. W rezultacie polecenie dłuższego planowania określonych wyrobów wraz z uzasadnieniem, po zaakceptowaniu przez Zarząd, powinno zostać przekazane do Działu Sprzedaży i Produkcji.

Następnym krokiem jest ustalenie, które materiały przedsiębiorstwo powinno utrzymywać w zapasie, a które należy zamawiać w terminie i w ilości odpowiadającej bieżącemu zapotrzebowaniu. Aby dokonać tego wyboru Dział Zaopatrzenia powinien najpierw przeanalizować opracowany wcześniej przebieg rocznego zapotrzebowania i obliczyć opłacalność obu wariantów z uwagi na koszty zakupów oraz koszty utrzymania zapasów (dane kosztowe należy pozyskać z Działu Finansowego firmy). Istotnym narzędziem wspomagającym podjęcie decyzji w tym zakresie jest wynik klasyfikacji ABC/XYZ materiałów. Dzięki wydzieleniu grup materiałów względem ich wartości i regularności zużycia, dla każdego materiału można dobrać odpowiedni sposób zaopatrzenia. Jeżeli zostanie podjęta decyzja o zamawianiu danego materiału na zapas, kolejną czynnością będzie wyznaczenie wielkości tego zapasu. Planowanie taktyczne Działu Zaopatrzenia kończy się ustaleniem optymalnej partii zakupu dla każdego materiału.

#### **4. WNIOSKI**

Badane przedsiębiorstwo jest typowym przykładem organizacji zorientowanej wyłącznie funkcjonalnie, gdzie poszczególni kierownicy nie zadają sobie trudu, aby zidentyfikować i poddać ocenie zachodzące w firmie procesy. Niedbałość o interesy klienta wewnętrznego, skupienie na własnej komórce funkcjonalnej oraz dążenie do autonomii własnych działań, powodują brak przepływu kluczowych informacji. Informacje o przychodach i kosztach przedsiębiorstwa nie są udostępniane kierownikom, przez co nie mogą oni analizować własnych decyzji pod kątem opłacalności. Dodatkowo organizacja nie dba o archiwizowanie istotnych danych, ani o ich upublicznianie, zaś w planowaniu nie opiera się na matematycznych metodach, takich jak statystyki, czy prognozy. Plany

tworzone przez poszczególne działy nie są do siebie dostosowane, ani pod względem horyzontu czasowego, ani pod względem jednostek miar wykorzystywanych w bieżącej pracy danej komórki. Taki sposób planowania prowadzi do wzrostu zapasu jednego z materiałów o krytycznym czasie dostawy. W efekcie końcowym skutkuje to tym, że organizacja znajduje się w niekorzystnej sytuacji z uwagi na generowanie wyższych kosztów utrzymania zapasów, niż ma to miejsce w firmach konkurencyjnych. Poprawę stanu magazynowego materiału krytycznego można rozwiązać poprzez zespolone planowanie krótko i długo terminowe, które umożliwi kierownictwu systemowe spojrzenie na problemy przedsiębiorstwa. W szczególności doprowadzi do sprawnego przepływu informacji między komórkami funkcjonalnymi oraz wymusi zespolone podejmowanie decyzji, optymalnych ze względu na koszty całkowite i strategię firmy. W tym obszarze, planowanie materiałowe już na poziomie taktycznym umożliwi wybór odpowiedniej strategii względem wielkości tworzonego zapasu, gdyż będzie ono opierało się na rocznych, bardziej szczegółowych planach sprzedaży i produkcji. To samo dotyczy doboru optymalnej partii zakupu – w tym przypadku, firma będzie mogła rozważyć wielkość pojedynczej dostawy, nie tylko ze względu na koszt zakupu, ale także na koszty utrzymania zapasu, do pojawienia się kolejnego zapotrzebowania. Dodatkowo, co roku w wyniku planowania zaopatrzenia, zostaną wyodrębnione wyroby, które będą wymagały planowania dłuższego niż jeden tydzień, z uwagi na to, że komponenty i materiały są trudnodostępne lub ich koszt znacząco obsięża przedsiębiorstwo.

Takie rozwiązanie wykluczy konieczność szacowania zapotrzebowania na komponent lub materiał trudnodostępny na własną rękę przez Dział Zaopatrzenia, lecz umożliwi jego obliczenie z planu produkcji. Natomiast zarządzanie operacyjne skoncentruje się na działaniach umożliwiających redukcję problemów w procesowej obsłudze klienta.

# PODCIŚNIENIOWA METODA POBIERANIA PRÓBK DO OCENY SKŁADU CHEMICZNEGO

## 1. WPROWADZENIE

Rosnące wymagania klientów dotyczące jakości odlewów siluminowych wymuszają od zakładów produkcyjnych tworzenie stopów o ściśle określonym składzie chemicznym. Obecnie odlewnicze zakłady produkcyjne w celu oceny składu chemicznego stopu, wykonują badania na spektrometrach emisyjnych. Odlewanie próbek w laboratoriach wymaga ścisłego przestrzegania procedur oraz posiadania niezbędnego zaplecza technicznego (wg normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005). Proces pobierania i kształt próbki regulowany jest wewnątrzzakładową dokumentacją techniczną. Próbki do tego rodzaju badań odlewane są przeważnie grawitacyjnie do form metalowych. Kształt próbki to najczęściej stożek krótki, zakończony chwytem walcowym o mniejszej średnicy lub rzadziej walec prosty. Powierzchnia czołowa próbki, przeznaczona do badania, poddawana jest obróbce skrawaniem. Operacja ta ma zapewnić płaską powierzchnię wolną od wad i wtrąceń.

Wykorzystywane w odlewnictwie metody wypełniania wnęki formy nie są rozwiązaniami uniwersalnymi oraz niosą niekiedy pewne niedogodności. Najczęstszym problemem jest eliminacja zawartości tlenków w odlewach. Znajdują się one głównie na powierzchni topionego metalu w tyglu. Skutkuje to zazwyczaj pojawianiem się w odlewach bardzo cienkich „błonek”, składających się z nierozpuszczalnych związków Al z innymi pierwiastkami. Takie wydzielenia w zastygniętym odlewie utrudniają późniejszą obróbkę mechaniczną. Podczas uzyskiwania finalnych kształtów detalu powoduje to w miejscach występowania błonek wyrywanie materiału przez narzędzie skrawające oraz skrócenie przydatności narzędzia (uszkodzenia przez większe błonki o dużej twardości - informacje merytoryczne otrzymane na drodze dyskusji z dr hab. inż. J. Mutwilem, prof. UZ). Wspomniane błonki wpływają na niejednorodność składu chemicznego i mogą zakłamywać wyniki badań na spektrometrach emisyjnych.

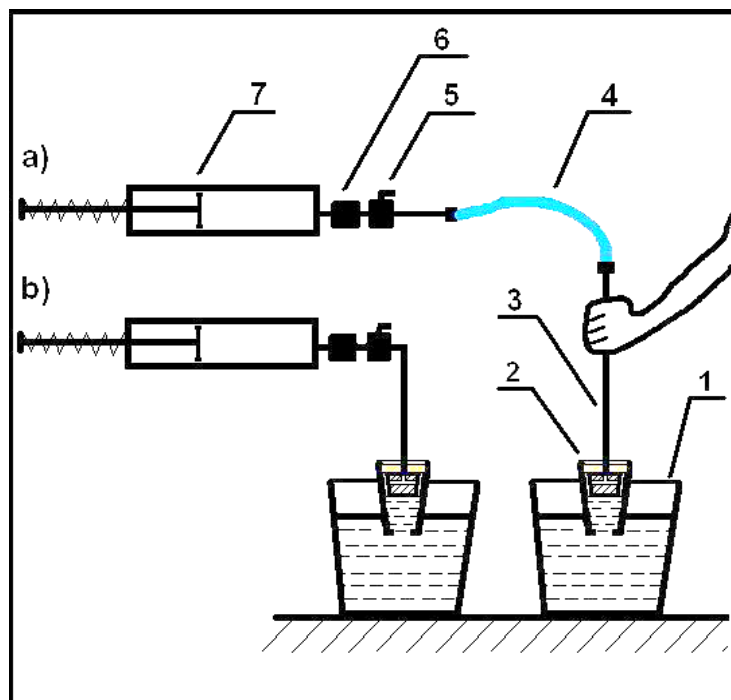
W związku z powyższym dąży się do opracowania formy i metody odlewania, która zagwarantuje jak najdokładniejsze jej odwzorowanie oraz będzie cechować się powierzchnią wolną od wad (błonki tlenkowe, obciążnięcia), co zmniejszy czas przygotowania próbki do badań. Wymagania stawiane próbkom do badań spektrometrycznych skłoniły do opracowania doświadczalnej formy i metody odlewania, mających na celu spełnienie wymogów jakościowych próbki.

## 2. OPIS IDEI ODLEWANIA

Szeroko znaną oraz stosowaną metodą odlewania metali i stopów jest metoda odlewania niskociśnieniowego. Polega ona na wytworzeniu ciśnienia w szczelnej komorze pieca, które oddziałując na lustro ciekłego metalu wymusza jego przepływ poprzez układ wlewowy pogrążony w ciekłym metalu do wnęki formy (Dańko J., 2000). Tak wykonywane odlewy odznaczają się znacznie mniejszą ilością błonek tlenkowych w porównaniu z odlewami zalewanymi grawitacyjnie. Jest to związane z tym, że błonki tlenków znajdują się zazwyczaj na powierzchni ciekłego metalu (Białobrzęski A., 1992). Wyeliminowanie tego czynnika wiąże się z pobieraniem ciekłego metalu poniżej jego lustra (jak w metodzie niskociśnieniowej).

Na podstawie wspomnianej metody (odlewania niskociśnieniowego) powstało założenie konstrukcyjne, w którym postanowiono zrezygnować ze szczelnego zamknięcia tygla lub komory pieca, a siłą wymuszającą wypełnienie wnęki formy uzyskać w wyniku wytworzenia w niej podciśnienia (zasysanie). Takie podejście pozwoliło na zmniejszenie ilości elementów stanowiska badawczego. Poniżej przedstawiono schemat ideowy wspomnianej metody (rys. 7.1).



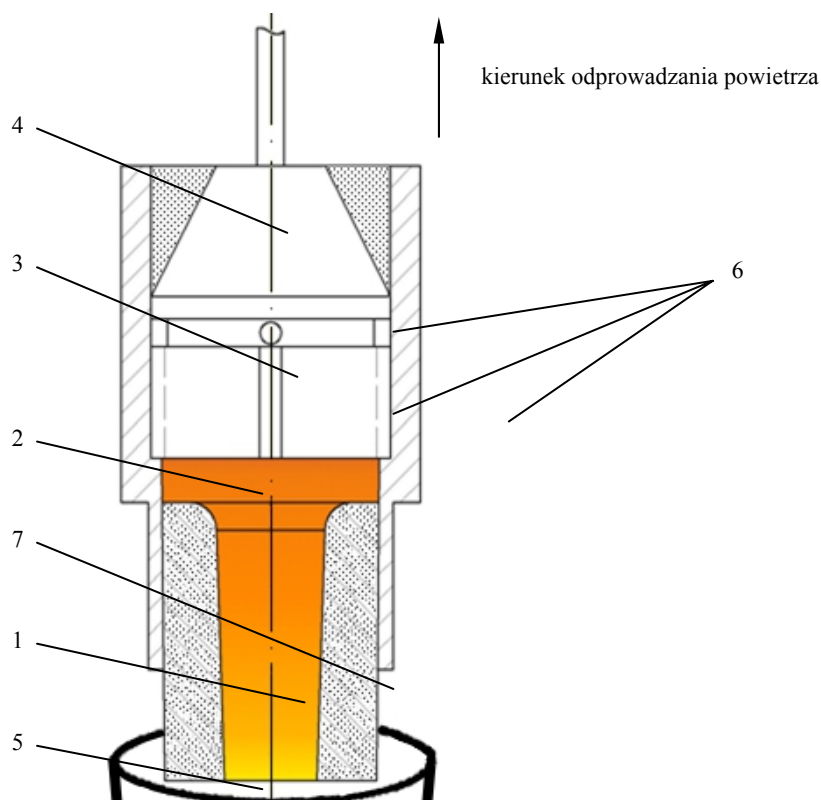


Rys. 7. 1. Schemat ideowy przyrządu do podciśnieniowego pobierania próbek z ciekłego metalu [2,4]: a) konstrukcja zapewniająca elastyczne połączenie formy z siłownikiem: 1-tygiel z ciekłym stopem; 2-forma zabezpieczona od dołu kryzą; 3,4-rurki łączące; 5-zawór odcinający; 6-regulator prędkości zasysania; 7-siłownik; b) konstrukcja zapewniająca sztywne połączenie formy z siłownikiem

W zaproponowanym założeniu postanowiono końcówkę formy (2) zanurzać w ciekłym metalu, w której poprzez układ rurek (3,4) połączonych z siłownikiem pneumatycznym (7) powstanie wytworzone w niej podciśnienie. W celu zapewnienia regulacji czasu i prędkości zasysania postanowiono zastosować regulowany zawór dławiący (6) i odcinający (5).

### 3. STANOWISKO I METODYKA BADAŃ

Na podstawie wspomnianej idei w ramach pracy (Gdula E., Zabojszczyk D., 2012) została wykonana ze stali narzędziowej do pracy na gorąco dwuelementowa (cylinder i jego zamknięcie od góry w formie korka) forma niedzielona o odwrotnej zbieżności (wnęka zwiększająca swoją średnicę ku górze). Powierzchnie styku cylindra (wewnętrzna) i korka (zewnętrzna) wykonane zostały ze zbieżnością i odpowiednio spasowane, aby zapewnić łatwy demontaż kokili po zalaniu, oraz odpowiednią szczelność układu. W pracy (Bochanysz P., 2014) kryzy umieszczane na wlocie do wnęki formy zastąpiono wkładką grafitową mającą zagwarantować krzepnięcie kierunkowe od korka. Na rysunku 7.2. przedstawiono budowę omawianej formy.



Rys. 7.2. Forma odlewnicza, nowa koncepcja [2]: 1-wkładka grafitowa; 2-korpus formy; 3-korek (ochładzalnik); 4-masa formierska (uszczelnienie pomiędzy korkiem i korpusem); 5-tygiel; 6-kanały odprowadzające powietrze; 7-wnęka formy

Każdy z elementów formy pełni oddzielną funkcję oraz wpływa na końcowy kształt i jakość odlewu. Dolna część formy (wkładka grafitowa 1), odpowiada za bezpośredni kontakt z ciekłym stopem w tyglu. Tworzy ona zminimalizowany układ wlewowy i umieszczona jest w metalowym korpusie formy (2). Materiał wkładki odporny jest na wysoką temperaturę i charakteryzuje się odpowiednim współczynnikiem przewodności cieplnej. Ma to na celu, po jego nagraniu, spowolnienie krystalizacji w układzie wlewowym. Gdyby zastosowano inny materiał (np. stal żaroodporną) szybkość krystalizacji byłaby na tyle duża, że mogłoby dojść do zatkania się układu wlewowego i nie wypełnienia całkowicie wnętrza formy (7). Powierzchnia czołowa korka (3) pełni rolę ochładzalnika, na której rozpoczyna się krystalizacja. W celu wytworzenia podciśnienia we wnętrzu formy powietrze odprowadzane jest z niej poprzez wykonane na powierzchni cylindrycznej korka oraz w jego wnętrzu kanały odpowietrzające (6). W celu zwiększenia szczelności stosowane jest dodatkowe uszczelnienie z masy formierskiej (4).

Przed przystąpieniem do zasysania ciekłego metalu (wypełniania wnętrza formy) forma odlewnicza była podgrzewana ( $180\pm 250^{\circ}\text{C}$ ) a tuż przed zanurzeniem układu wlewowego z powierzchni ciekłego stopu usuwana była mechanicznie warstewka tlenków. Następnie siłownikiem pneumatycznym (poprzez odessanie powietrza) wytwarzane było podciśnienie we wnętrzu formy.

#### 4. WYNIKI

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań stopnia odwzorowania wnęki formy próbek przeznaczonych do badań spektrometrycznych odlewanych metodą podciśnieniową. Badaniami objęto stop podeutektyczny AlSiMgTi (EN AC-41000) i okołoeutektyczne AlSi9Cu (EN AC-46000), AlSi10Mg (EN AC-43000), AlSi (EN AC-44300). Dokładny skład chemiczny badanych stopów zestawiono w tab. 7.1.

Tab. 7.1. Skład chemiczny badanych stopów

Grupa stopu	Skład chemiczny, udział % masy					
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti
AlSiMgTi	2,4	0,60	-	0,50	0,65	0,20
AlSi9Cu	11,0	1,00	2,5	0,55	0,3	-
AlSi10Mg	11,0	0,55	-	0,45	0,45	-
AlSi	13,5	0,90	-	0,50	-	-

Stopień wypełnienia wnęki formy wyrażono procentowo wg wzoru (1):

$$(1) \quad A = \frac{V_P}{V_R} \times 100\%$$

gdzie:  $A$  - stopień odwzorowania wnęki formy [%],

$V_P$  - objętość próbki [ $mm^3$ ],

$V_R$  - objętość wnęki formy (objętość rzeczywista) [ $mm^3$ ].

Wyniki obliczeń rzeczywistej objętości wnęki formy uwzględniającej grubość kołnierza wykonano w AutoCadzie, a objętość próbek określono z wykorzystaniem prawa Archimedesasa. Wartości wspomnianych objętości (wnęki formy i próbki) oraz wyliczonego (wzorem 1) stopnia odwzorowania wnęki formy zestawiono w tab. 7.2.

Tab. 2. Objętość próbki i wnęki formy oraz stopień jej wypełnienia [2]

Grupa stopu	Temp. formy [°C]	$V_R$ [ml]	$V_P$ [ml]	A [%]
AlSi	180	17,59	14,00	79,59%
	250	17,69	17,00	96,10%
AlSiMgTi	180	16,80	15,80	94,05%
	250	16,80	16,40	97,62%
AlSi9Cu	180	18,48	16,40	88,74%
	250	18,38	15,00	81,61%
AlSi10Mg	180	18,58	16,20	87,19%
	250	18,68	17,00	91,00%
$V_R$ – objętość wnęki formy $V_P$ – objętość odlewu A – stopień wypełnienia wnęki formy				

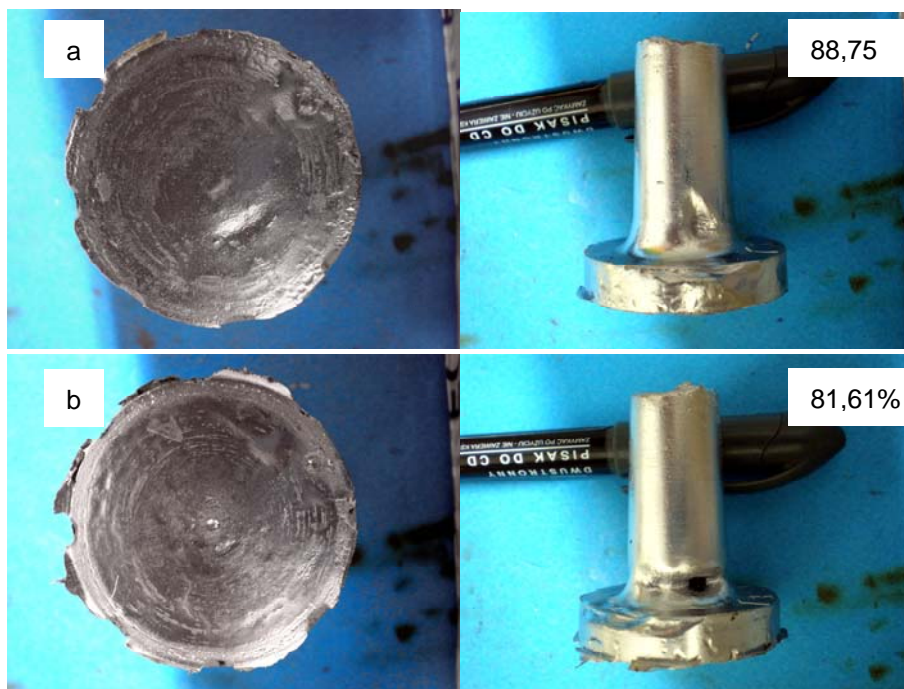
Na rysunkach 7.3÷7.6 zestawiono zdjęcia próbek odlewanych podciśnieniowo ze wspomnianych stopów, na których przedstawiono odlew w jego osi oraz powierzchnię czołową przeznaczoną do badań na spektrometrze emisyjnym.



Rys. 7.3. Próbkki ze stopu z grupy AlSi dla formy o temperaturze: a) 180°C; b) 250°C



Rys. 7.4. Próbkki ze stopu z grupy AlSiMgTi dla formy o temperaturze: a) 180°C; b) 250°C



Rys. 7.5. Próbkki ze stopu z grupy AlSi9Cu dla formy o temperaturze: a) 180°C; b) 250°C



Rys. 7.6. Próbkki ze stopu z grupy AlSi10Mg dla formy o temperaturze: a) 180°C; b) 250°C



## 5. WNIOSKI

Idea odlewania podciśnieniowego oraz zaproponowane założenie konstrukcyjne bazujące na zasysaniu ciekłego metalu spod jego lustra okazały się słuszne. Uzyskane próbki ze stopów Al-Si do badań spektrometrycznych wykazały się dobrym odwzorowaniem kształtu wnęki formy. Zaproponowany układ wypełniania wnęki formy pozwala również na stosowanie form odwzorowujących próbki do innych rodzajów badań, np. badań wytrzymałościowych.

Widoczne obciążenia w węzle cieplnym próbek oraz minimalne obciążenia na powierzchni czołowej wymagają dalszych prac nad doskonaleniem opracowanej metody. Należy jednak nadmienić, iż na powierzchni czołowej nie wykryto błonek tlenkowych, co miało miejsce w próbkach odlewanych grawitacyjnie. Stopień wypełnienia formy dla badanych stopów oscylował w przedziale od 79 do 97 %. Jest to zadowalający wynik. Dalsze kierunki modernizacji stanowiska powinny skupić się na:

- zautomatyzowaniu ruchu siłownika w celu uzyskania powtarzalnych prędkości zasysania,
- zastąpieniu siłownika zbiornikiem z wytworzoną próżnią,
- określeniu temperatury poszczególnych elementów formy (cylindra i korka),
- zastosowaniu czujników temperatury oraz elementów grzejnych i chłodzących poszczególne części formy (dogrzewanie układu wlewowego oraz chłodzenie korka - krystalizatora).



*\*Autor mgr inż. Krzysztof Kujawa jest stypendystą w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, Działania 8.2 „Transfer wiedzy”, Priorytetu VIII „Regionalne Kadry Gospodarki” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej i z budżetu państwa.*

# AUTOMATYZACJA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH I KONTROLI JAKOŚCI

## 1. WPROWADZENIE

W terminologii technicznej proces produkcyjny definiowany jest jako zespół różnych operacji, czynności oraz konkretnych działań, które mają za zadanie doprowadzić do przetworzenia surowców podstawowych oraz surowców zaawansowanych technicznie do spodziewanych parametrów. Definicja ta opisuje proces produkcyjny w bardzo uproszczony sposób, ponieważ wytłumaczenie tak złożonego procesu zależnego od wielu różnych czynników nie odzwierciedla rzeczywistości. Proces produkcyjny jako zharmonizowany system składa się z procesu podstawowego (znanego również jako proces technologiczny), z procesów wsparcia (określanych często jako procesy pomocnicze) oraz z procesów utylizacji. W czasach dynamicznego rozwoju w różnych dziedzinach przemysłu nieustannie dąży się do wzrostu produktywności oraz zysków przy jednoczesnej redukcji (oszczędności) kosztów. Przedsiębiorstwa produkcyjne za najwyższy priorytet stawiają sobie uzyskanie jak największych zysków z produkcji. Niestety, wzrost zysku idzie w parze z obniżaniem się jakości wytwarzanych wyrobów. Alternatywą dla kosztownych i zaawansowanych technologicznie rozwiązań (maszyn, robotów, itp.), które powinno się stosować w produkcji, jest praca fizyczna człowieka (ze względu na minimalizację kosztów produkcji). Jednak praktyka dowodzi, iż najsłabszym ogniwem w procesie produkcyjnym jest człowiek, który niekiedy popełnia błędy, pracuje wolniej i mniej efektywniej od urządzeń technicznych wykonujących te same czynności, ale jest on niezastąpiony w trafnym podejmowaniu decyzji. Dlatego, praca fizyczna człowieka musi być zastępowana pracą wyspecjalizowanych urządzeń produkcyjnych, które automatycznie z dużo wyższą prędkością i precyzją wykonywałyby za niego wszelkie operacje. Natomiast, zdolności trafnego podejmowania decyzji przez człowieka powinny być wykorzystane podczas nadzoru tychże urządzeń. Pomimo takiego podziału obowiązków (człowiek nadzoruje, maszyna wytwarza) obie strony uzupełniają się wzajemnie w procesie technologicznym, ale i tak nie można w całości uniknąć niezgodności z oczekiwaniami. Jednak bardzo często zdarza się, że nadzór człowieka nad maszynami obciążony jest jeszcze wieloma przypadkowymi błędami. W związku z tym, praca człowieka musi być dodatkowo wspierana różnego rodzaju rozwiązaniami technicznymi, których koszty zakupu oraz eksploatacji nie zawyżałyby kosztów produkcji.

Nowe rozwiązania techniczne, które wspierałyby pracę człowieka powinny cechować się dużą efektywnością pracy oraz przetwarzania analizowanych danych podczas podejmowania decyzji. W procesie technologicznym, człowiek głównie podejmuje decyzje związane z nadzorem pracy maszyn produkcyjnych oraz z kontrolą jakości wyrobów gotowych (Gonsainz H., 2005) (Kost G., Łebkowski P., Węsierski Ł., 2009) (Brzeski J., 2006).

## 2. KOMPUTEROWE SYSTEMY KONTROLI JAKOŚCI

Głównym celem kontroli jakości jest utrzymanie zgodności wyprodukowanych detali z wymaganiami określonymi w sposób numeryczny bądź na podstawie detali wzorcowych. W zakresie liczbowym (numerycznym) kontroli jakości dostępne są różnego rodzaju instrumenty, z których udziałem wspiera się utrzymanie zgodności wyrobu gotowego oraz utrzymanie procesu technologicznego na oczekiwanym poziomie jakości

i produktywności w celu uzyskania rentowności przedsięwzięcia. Podczas kontroli jakości z użyciem gotowych wzorców bardzo często stosuje się detale wzorcowe (płytki wzorcowe), które konfrontuje się z elementem wyprodukowanym w danym przedsiębiorstwie. Porównanie oraz stwierdzenie zgodności tak wytworzonych detali z wzorcami decyduje o dalszej ewentualnej modyfikacji (udoskonaleniu) procesu produkcyjnego. Personel kontroli jakości w swoich działaniach wykorzystuje sprawdziany fizyczne (sprawdziany robocze, odbiorcze oraz przeciwsprawdziany). Sprawdziany te wykorzystywane są bezpośrednio w trakcie produkcji detali oraz przed wysłaniem ich do magazynu wyrobów gotowych. Sprawdziany służą do szybkiej kontroli zgodność wymiaru wyrobu w stosunku do akceptowanej granicy tolerancji wymiarowej ale nie przedstawiają dokładnych wyników pomiarów w wartościach numerycznych. Natomiast, personel działu kontroli jakości, poza sprawdzianami może wykorzystywać inne narzędzia pomiarowe jak suwmiarki, średnicówki oraz różnego rodzaju czujniki. Wszystkie zebrane w ten sposób informacje (z instrumentów pomiarowych przez personel działu kontroli jakości) są przekazywane do komputerowego wspomaganie sterowania jakością CAQ lub w przypadku jego braku do jednostki odpowiedzialnej za poziom jakości wytwarzanych detali. CAQ jest zestawem oprogramowania bazującym na strukturze baz danych, gdzie są przechowywane, a następnie przetwarzane wszelkie dane dotyczące strategii sterowania jakością. W bazie CAQ przechowuje się wyniki kontroli oraz decyzje dotyczące poziomu jakości (Namięśnik J., Konieczka P., Zygmunt B., 2003) (Gonsainz H., 2005) (Buchczik D., Ilewicz W., Piotrowski J., 2008).

Komputerowy system wspomaganie sterowania jakością CAQ w przemyśle zaliczany jest do grupy systemów komputerowego wspomaganie pracą ludzi w aspektach planowania i projektowania elementów, jak i samej produkcji. Do tej grupy systemów należy również oprogramowanie służące do:

- komputerowego wspomaganie projektowania CAD (ang. Computer Aided Design),
- komputerowego wspomaganie wytwarzania CAM (ang. Computer Aided Manufacturing ),
- komputerowego wspomaganie planowania procesów CAP (ang. Computer Aided Planning),
- komputerowego zintegrowanego wytwarzania CIM (ang. Computer Integrated Manufacturing).

Ideą powstania CAQ było ujednoczenie różnego rodzaju działań oraz strategii w sterowaniu jakością w swojej strukturze. Głównym celem CAQ jest wspomaganie personelu przedsiębiorstwa w produkcji wyrobów zgodnych z założeniami (wymaganiami) klienta. Używając CAQ można nadzorować:

- reklamacjami oraz kosztami związanymi z nimi,
- zarządzaniem audytami,
- kontrolą odbiorczą dostaw surowców, wyrobów gotowych oraz otrzymanych próbek z procesu technologicznego,
- planami kontrolnymi,
- działaniami kontroli jakości,



- analizą przyczyny i skutków wad - FMEA (ang. Failure Mode and Effects Analysis),
- zaawansowanymi planami kontroli produktu – APQP (ang. Advanced Product Quality Planning),
- dokumentacją jakościową oraz techniczną, jak i różnego rodzaju archiwami danych,
- procesami doskonalenia jakości.

System CAQ, tak jak i inne komputerowe systemy wsparcia obowiązują normy ISO, do których można zaliczyć obowiązujące go normy: PN EN ISO 9001, ISO/PS 16949, QS 9000 oraz PN EN ISO 14000. System ten (CAQ) ustawia się na poziomie strategii jakości na jaki zdecydowało się dane przedsiębiorstwo. Prawidłowe i efektywne w działaniu CAQ powinno charakteryzować się i posiadać następujące cechy, jak:

- budowę modułową,
- możliwość adaptacji do szybkiej zmiany celów głównych (priorytetów) CAQ, a następnie przystosowania ich do zmieniających się warunków,
- zabezpieczenia wszystkich informacji z procesów realizowanych aktualnie w przedziale czasu,
- spełnianie wymagań konkretnych norm PN EN ISO,
- skuteczność, czyli przystosowany do warunków organizacyjnych przedsiębiorstwa,
- pełną kontrolę nad zarządzaniem, planowaniem i ulepszaniem jakości usług oraz wyrobów.

W ramach CAQ działają liczne narzędzia kontroli jakości oraz sterowania procesem. SPC czyli Statistical Process Control, jest środkiem kontrolnym wykorzystywanym w dziale kontroli jakości przedsiębiorstw, z którego wyniki możliwości procesów technologicznych w operacjach wytwarzania produktów są przedstawiane do analizy dalszych poczynań kontroli jakości. Statystyczne sterowanie procesem (SPC) wykorzystuje własności wyrobów (jak również zjawiska je otaczające), które można opisać wartościami liczbowymi (np. jednostki miar, tolerancji), nominalnymi lub atrybutywnymi. W przypadku, wielkości atrybutywnych, które czasem określane są jako alternatywne, wykorzystywane są do klasyfikowania produktów po zakończeniu procesu technologicznego na prawidłowe (zgodne z wymogami) lub nieprawidłowe (niezgodne z wymogami). Wielkości te pochodzą z działań kontrolnych wykonanych przez personel kontroli jakości metodą wzrokową lub metodą wykorzystującą sprawdziany. Ilość wszystkich awarii (usterek) w procesie produkcyjnym również zaliczana jest do wielkości atrybutywnych. Wartości liczbowe wykorzystywane w SPC najczęściej prezentowane są w skali ciągłej czasu, a to pozwala na uzyskanie konkretnych wyników na przełomie określonego czasu (Brzeski J., 2006) (Biernat P., Compel A., Piczak J., 2006).

### 3. INNOWACJE TECHNICZNE

Z powodu wzmożonego rozwoju oraz dużo większych wymagań określanych przez rynki zbytu, systemy kontroli jakości u wielu klientów podlegają modernizacji, a mianowicie ulegają wpływom różnego rodzaju działań innowacyjnych. W związku z tym, wszelkie działania kontroli jakości oraz procesu technologicznego coraz częściej ulegają

procesowi automatyzacji. W tym przypadku, automatyzacja jest znacznym ograniczeniem lub zastąpieniem fizycznej i umysłowej pracy człowieka przez pracę maszyn działających na zasadzie samoregulacji, które wykonują określone czynności bez udziału człowieka. Wykorzystywanie różnego rodzaju mechanizmów w dowolnych obszarach z zakresu automatyki niweluje wpływ człowieka oraz jego oddziaływanie na przebieg zjawisk zachodzących w procesie produkcyjnym. Zastosowanie tego typu mechanizmów jest dużo bardziej efektywniejsze, a tym samym posiada ekonomiczne podstawy. Podejście to pozwala na szybką i bardziej bezbłędną produkcję w stosunku do produkcji opartej na pracy fizycznej człowieka. Proces automatyzacji prowadzi do tego, że na liniach produkcyjnych pomiędzy kolejnymi stanowiskami tworzy się stacjonarne punkty kontroli jakości, które następnie wyposaża się w specjalistyczny osprzęt badawczy do bezdotykowego pomiaru. Osprzęt badawczy do bezdotykowego pomiaru (fotokomórki, czujniki indukcyjne, itp.) pozwala na bezdotykową kontrolę jakości wykonywanych detali w procesie produkcyjnym przy braku bezpośredniego kontaktu fizycznego z ich powierzchnią mierzoną. W ten sposób, tego typu stanowiska szybko i precyzyjnie oddzielają prawidłowo wyprodukowane detale od tych, które nie spełniają określonych kryteriów produkcyjnych (klienta) (Chicińska B., 2004) (Dąbrowski W., Dzieliński A., Kaczorek T., 2010) (Mikler J., 2005).

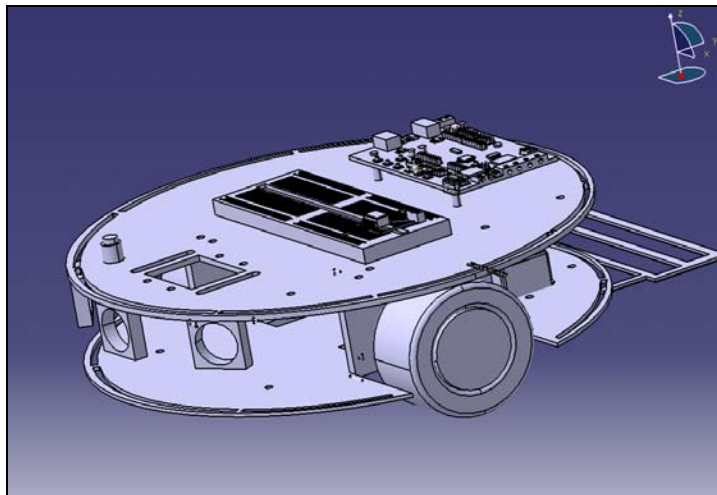
W chwili obecnej, prototypowaniu poddaje się rozwiązania techniczne, które w zamysłu dążą do wprowadzania w przemyśle mobilnych jednostek pomiarowych. Jak sama nazwa wskazuje, mobilne jednostki pomiarowe w zależności od wykonywanego zadania mogą się bez najmniejszego problemu przemieszczać z użyciem własnego napędu. Podobnie jak platformy stacjonarne, platformy mobilne również zdolne są do precyzyjnego oddzielania nieprawidłowych (wadliwych) elementów od tych prawidłowych (dobrych, zgodnych z wymogami produkcyjnymi). Jednakże w chwili obecnej nawet najnowocześniejsza automatyka przemysłowa nie jest w stanie obejść się bez opieki wyspecjalizowanej kadry pracowniczej, która nadzorowałaby całym mechanizmem produkcyjnym. Tego typu systemy najczęściej stawiane są na tym samym poziomie co pozostałe narzędzia kontroli jakości, które podlegają całkowicie innym mechanizmom, czyli SPC oraz CAQ.

Jednostki (platformy pomiarowe) stacjonarne stosowane są w ramach zastosowania międzyoperacyjnego, czyli są usytuowane na stanowiskach pomiędzy operacjami. Takie umiejscowienie jednostek stacjonarnych pozwala na precyzyjne kontrolowanie wyrobu gotowego lub półproduktu jeszcze przed rozpoczęciem kolejnej operacji. Kontrola ta ma na celu zminimalizowanie kosztu wytworzenia produktu niezgodnego, który wzrósłby wraz z kolejną wykonywaną operacją. Tego typu platformy pomiarowe dokonują dokładnie w taki sam sposób weryfikacji kontroli jakości jak wcześniej dokonywał tego personel kontroli jakości. Natomiast, problemem tak przeprowadzanej kontroli jest fakt iż wszelkiego rodzaju niezgodności wyprodukowanych detali wykrywane są dopiero na końcu po ich ostatecznym wytworzeniu. W związku z tym, koszt gotowego, ale nie koniecznie prawidłowo wyprodukowanego detalu zostawał nieodwracalnie oraz zbędnie wliczony do rachunku kosztów. Dlatego, prowadzi się różnego rodzaju działania mające na celu poszukiwanie takich rozwiązań technicznych, które w przyszłości pozwoliłyby na uzyskanie dużo głębszej kontroli jakości (Kost G., Łebkowski P., Węsierski L., 2009)

(Dąbrowski W., Dzieliński A., Kaczorek T., 2010) (Buchczik D., Ilewicz W., Piotrowski J., 2008).

Mobilne jednostki pomiarowe są rozwinięciem pomysłu kontroli bezpośredniego procesu technologicznego, który polega nie tyle na samej obecności urządzenia zdolnego do przemieszczenia się ale zastąpienie nim człowieka w sytuacji kryzysowej, w przypadku zagrożenia jego życia lub zdrowia. Zanim, tego typu rozwiązania w postaci platform pomiarowych opracowano i fizycznie wykonano, to w przemyśle działały i nadal funkcjonują systemy do aktywnej kontroli procesu technologicznego. Problemem była ich skomplikowana konstrukcja oraz koncentracja ich funkcjonalności do tylko jednego celu (typu, rodzaju) operacji. Natomiast, mobilne jednostki (platformy) pomiarowe wykonują dokładnie te same operacje i zadania co skomplikowane konstrukcje, ale w odróżnieniu od nich mogą przemieszczać się w zakresie określonego zastosowania. Dodatkowo, połączenie mobilności wspomnianego rozwiązania z technologią komunikacji bezprzewodowej do jego sterowania pozwala na bardzo szybką, precyzyjną oraz przede wszystkim bezprzewodową wymianę informacji z bazą główną (centralą) bądź bezpośrednio z CAQ/SPC (Gonsainz H., 2005) (Kost G., Łebkowski P., Węsierski Ł., 2009) (Dąbrowski W., Dzieliński A., Kaczorek T., 2010) (Buchczik D., Ilewicz W., Piotrowski J., 2008).

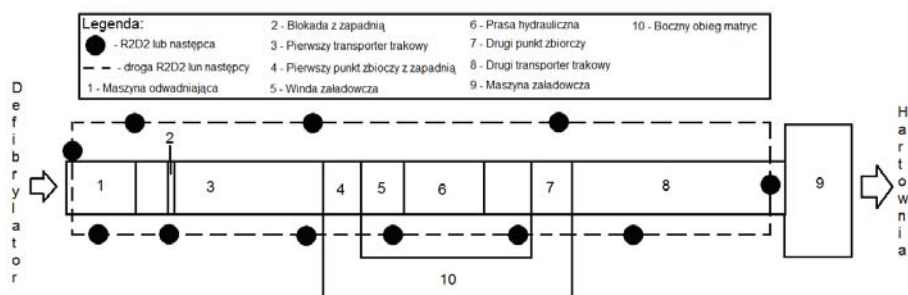
Jako mobilną jednostkę (platformę) pomiarową do kontroli jakości procesu produkcyjnego można przystosować samobieżną platformę pomiarową o nazwie R2D2, która wykonana została w ramach pracy dyplomowej przez Mateusza Siekacza na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Zielonogórskiego w Instytucie Informatyki i Zarządzania Produkcją.



Rys. 8.1. Widok samobieżnej platformy pomiarowej R2D2

Konstrukcja platformy pomiarowej R2D2 (rys. 8.1) jest rozwiązaniem prototypowym przewidzianym do wykorzystania w zautomatyzowanej linii produkcyjnej, która w sposób aktywny kontrolowałaby przebieg procesu technologicznego wraz z detalami (ele-

mentami) produkowanymi. Potrzeba realizacji tego typu pomysłu (mobilnej platformy pomiarowej) zaistniała w przedsiębiorstwie produkcyjnym, które na co dzień zajmuje się obróbką drewna. W przedsiębiorstwie tym zastosowano produkcję liniową, która wykorzystuje elementy hydrauliki oraz pneumatyki (rys. 8.2). W tym przypadku, problem kontroli jakości polegał na tym, że proces weryfikacji jakości produkowanych wyrobów odbywał się dopiero na samym końcu procesu produkcyjnego. Zastosowanie tego typu procesu powodowało, że nie było możliwe wprowadzenie (użycie) stacjonarnych jednostek pomiarowych do kontroli jakości w strukturze linii produkcyjnej bez jej przeobrażenia. Dlatego w celu zoptymalizowania wysokich kosztów związanych z modernizacją całej linii produkcyjnej powstała jednostka (platforma) pomiarowa, która może funkcjonować w niewielkiej odległości od linii produkcyjnej i również wykonywać wszelkie działania związane z kontrolą jakości produkowanych produktów.



Rys.8.2. Schemat automatycznej linii produkcyjnej

We wspomnianym przedsiębiorstwie zajmującym się obróbką drewna kontrola jakości wyrobu odbywała się dopiero na końcu linii produkcyjnej. Fakt ten pod względem jakości przynosił wiele zagrożeń związanych z generowaniem zbędnych kosztów (strat). W tym przypadku, oznaczało to, że wyroby niezgodne z oczekiwaniami musiały pokonać całą linię produkcyjną i dopiero na końcu zostawały odseparowywane od pozostałych wyrobów zgodnych. Proces kontroli jakości w tym przypadku był bardzo żmudny i czasochłonny. Alternatywne rozwiązanie platformy R2D2 pozwoliłoby na wykonywanie tych samych zadań w dużo krótszym czasie na różnych etapach trwania procesu produkcyjnego. Wówczas, połączenie szybkości i precyzji funkcjonowania platformy R2D2 z wiedzą doświadczonego inspektora do spraw jakości spowodowałoby, że wszystkie decyzje o separacji wyrobów niezgodnych odbywałyby się znacznie szybciej, jeszcze przed przejściem do kolejnej operacji w procesie produkcyjnym.

## WNIOSKI

Przedsiębiorstwa o profilu produkcyjnym kierują się wieloma czynnikami, wśród których najważniejszym jest zysk i rentowność działań. Tego typu przedsiębiorstwa w celu realizacji własnych zamierzeń oraz celów muszą podjąć pomiędzy sobą walkę o rynki

zbytu, a przede wszystkim o odbiorcę ich produktów (klienta). Przedsiębiorstwa konkurują ze sobą w różnoraki sposób ale najważniejszymi atutami w walce o klienta jest czas realizacji jego zamówienia, jakość wykonania i przede wszystkim cena zlecenia. W tym celu, przedsiębiorstwa inwestują w coraz to nowsze rozwiązania techniczne (również w mobilne lub stacjonarne platformy kontroli jakości), które wypierają te starsze już nierentowne rozwiązania. W związku z tym, wykorzystanie w przemyśle różnych dziedzin nauki oraz techniki, jaką między innymi jest automatyka pozwala na przyspieszenie wykonywania wielu czynności i operacji procesu technologicznego jak również zredukowanie kosztów wytwarzania wyrobów gotowych poprzez odsunięcie człowieka od procesu technologicznego.

W Polsce działają głównie przedsiębiorstwa produkcyjne, które przede wszystkim nastawione są na produkcję automatyczną, czyli posiadają automatyczne linie produkcyjne jak wspomniany zakład obróbki drewna. Jednak, wiele z tych linii powstało jeszcze w czasach, w których nie rozpatrywano zaawansowanych sposobów kontroli jakości ponieważ nie były one wtedy priorytetem. Uniwersalna platforma pomiarowa R2D2 powstała w celu uzupełnienia i wyposażenia tego typu linii produkcyjnych w zaawansowane narzędzia kontroli jakości. Dopiero na tej podstawie można przypuszczać, że bezpośrednie połączenie precyzji maszyn z wiedzą i doświadczeniem człowieka pozwoli na uzyskanie dużo wyższego poziomu kontroli jakości przy dość znacznej oszczędności czasu oraz pieniędzy w procesie technologicznym.

## BIBLIOGRAFIA

- Auksztol J., Balwierz P., Chomuszko M., 2011, *SAP Zrozumieć System ERP*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Bagiński J., 2000, *Menedżer jakości*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- Bednarek M., 2007, *Doskonalenie systemów zarządzania, nowa droga do przedsiębiorstwa lean*, Centrum Doradztwa i Informacji Difin sp. z o.o., Warszawa
- Białobrzeski A., 1992, *Odlewnictwo ciśnieniowe*, WNT, Warszawa
- Biernat P., Compel A., Piczak J., 2006, *TPM – Przewodnik do wprowadzenia TPM w zakładzie Sitech w Polkowicach*
- Bochanysz P., 2014, *Wpływ temperatury formy na stopień wypełnienia wnęki w procesie odlewania podciśnieniowego próbek do analizy składu chemicznego metodą spektrometryczną*, Praca dyplomowa magisterska, Zielona Góra
- Bokhoven M., 2011, *Lean Manufacturing – praktyczny przewodnik od wiedzy do rezultatów*, Lean Visio, Wrocław
- Brzeski J., 2006, *Wprowadzenie do TPM*. Czasopismo Inżynieria – Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych
- Buchczik D., Ilewicz W., Piotrowski J., 2008, *Pomiary, czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego*, Wydawnictwo WNT
- Chicińska B., 2004, *Poradnik mechanika*, Wydawnictwo REA, Poznań
- Chmielewska J., Harnik I., Kuzak B., Przebinda M., 2008, *Telepraca i Usługi Zdalne*. Małopolska Agencja Rozwoju Regionalnego S.A., Kraków
- Cieślak M., 1992, *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, PWN, Warszawa
- Czerwiński Z., 2004, *Dylematy ekonomiczne*, PWE, Warszawa.
- Dańko J., 2000, *Maszyny i urządzenia do odlewania pod ciśnieniem*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
- Dąbrowski W., Dzieliński A., Kaczorek T., 2010, *Automatyka przemysłowa*, Wydawnictwo WNT
- DeMarco T., Lister T., 2002, *Czynnik ludzki, skuteczne przedsięwzięcia i wydajne zespoły*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa
- Dittmann P., 2004, *Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i przykłady zastosowań*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków
- Dittmann P., 2008, *Prognozowanie w przedsiębiorstwie*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków
- Gajda, J. B., 2001, *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, C.H. Beck, Warszawa

- Gdula E., Zabojszczyk D., 2012, *Urządzenie do pobierania próbek do kontroli jakości ciekłych siluminów. Projekt, wykonanie i badania wstępne. Dostępność i wykorzystanie urządzeń*. Praca dyplomowa inżynierska, Zielona Góra
- Gonsainz H., 2005, *Przemysłowe Systemy Jakości*, Wydawnictwo WPN, Wrocław
- Green J., Lee J., Kozman T., 2009, *Managing lean manufacturing in material handling operations*, International Journal of Production Research, vol. 48
- Guzik B., Appenzeller D., Jurek W., 2004, *Prognozowanie i symulacje. Wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań
- Hamrol A., 2002, *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Hamrol A., Mantura W., 1998, *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, PWN, Poznań  
<http://www.zdalniej.pl>  
<https://www.web.gov.pl/telepraca/informacje-ogolne>
- Imai M., 2006, *Gemba Kaizen - zdroworozsądkowe, niskokosztowe podejście do zarządzania*, MT Biznes, Warszawa
- Janiec M., Czerniak T., Kreft W., Piontek R., 2006, *Prowadzenie działalności biznesowej z zastosowaniem telepracy – PORADNIK*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa
- Kost G., Lebkowski P., Węsierski Ł., 2009, *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Helion, Kraków
- Lech P., 2003, *Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie*. Difin, Warszawa
- Liker, Meier, 2011, *Droga Toyoty Fieldbook*. Praktyczny przewodnik wdrażania 4p Toyoty, MT Biznes, Warszawa
- Luciejewski W., 2003, *Primum Non Prodigere 2*, Osnabruck
- Łańcucki J., 2001, *Podstawy Kompleksowego Zarządzania Jakością TQM*, Akademia Ekonomiczna, Poznań 2001
- Łańcucki J., 2006, *Podstawy Kompleksowego Zarządzania Jakością TQM*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań
- Martyniak Z. (red), 1996, *Nowoczesne metody zarządzania produkcją*, Wydział Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie, Kraków
- Mikler J., 2005, *Dostępność i wykorzystanie urządzeń*. Czasopismo Inżynieria – Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych
- Moczydłowska J., 2010, *Zarządzanie zasobami ludzkimi w organizacji*. Warszawa, Difin Warszawa
- Namieśnik J., Konieczka P., Zygmunt B., 2003, *Ocena i kontrola jakości wyników pomiarów analitycznych*, Wydawnictwo WNT, Wrocław
- Niewczas M., 2010, *Audit systemu 5-S. Charakterystyka zasad 5-S oraz auditu 5-S*, Problemy jakości, nr 4.
- Nowosielski S., red., 2008, *Procesy i projekty logistyczne*, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław

- Pasternak K., 2005, *Zarys zarządzania produkcją*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa
- Rother, Shook, 1998, *Naucz się widzieć. Eliminacja marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości*, The Lean Enterprise Institute, Wrocław
- Smalley A., *Kanban, czyli sterowanie produkcją według zasad Lean Manufacturing*, <http://lean.org.pl/lang/pl/kanban> [dostęp: 24.10.2012]
- Wieczerzycki W., 2012, *E-logistyka@*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa
- Wolniak R., Skotnicka B., 2008, *Metody na narzędzia Zarządzania Jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
- Wrycza S., 2010, *Informatyka ekonomiczna*. Podręcznik akademicki, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa
- Zalewski R.I., 2008, *Zarządzanie jakością w produkcji żywności*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań
- Zamostny B. (red), 2012, *Optymalizacja produkcji w czasie kryzysu*, Wydawnictwo wiedza i praktyka
- Zeliaś A., Pawelek B., Wanat S., 2003, *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, Przykłady, Zadania*, PWN, Warszawa
- Zimniewicz K., 2009, *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*, Polskie wydawnictwo ekonomiczne, Warszawa