POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA

ROZPRAWA DOKTORSKA

METODYKA IDENTYFIKACJI OGRANICZEŃ W SYSTEMACH PRODUKCYJNYCH BRANŻY POLIGRAFICZNEJ

mgr inż. Patrycja Rogowska

Promotor pracy

dr hab. inż. Wiesław Urban, prof. PB

Promotor pomocniczy pracy

dr inż. Elżbieta Krawczyk-Dembicka

Białystok 2023

Spis treści

Wykaz ważniejszych skrótów i akronimów 5
Streszczenie 9
Abstract 11
Wstęp 13
1. Organizacja i zarządzanie produkcją 18
1.1. Charakterystyka procesów produkcyjnych 18
1.2. Charakterystyka systemów produkcyjnych 32
1.3. Otoczenie systemu produkcyjnego 42
2. Teoria Ograniczeń 50
2.1. Założenia Teorii Ograniczeń 50
2.2. Ograniczenia 56
2.3. Metody identyfikacji wąskich gardeł 61
2.4. Techniki i narzędzia usprawniające przepływ produkcji 66
3. Teoria Ograniczeń a koncepcje doskonalenia systemów produkcyjnych 84
3.1. Lean Manufacturing 84
3.2. Six Sigma 94
3.3. Zarządzanie jakością 106
3.4. Współdziałanie koncepcji doskonalenia systemów produkcyjnych z Teorią Ograniczeń 118
4. Metodyka badań 127
4.1. Charakterystyka branży poligraficznej 127
4.2. Charakterystyka metody studium przypadku 136
4.3. Charakterystyka badania ankietowego 138
5. Identyfikacja ograniczeń w branży poligraficznej – wyniki badań jakościowych 142
5.1. Koncepcja metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym 142
5.2. Studium przypadku przedsiębiorstwa A 147

5.3. Studium przypadku przedsiębiorstwa B 159
5.4. Wnioski z badań jakościowych 170
6. Ograniczenia w branży poligraficznej – wyniki badań ilościowych 175
6.1. Charakterystyka badanej próby 175
6.2. Ocena aktualnego stanu przedsiębiorstw poligraficznych 177
6.3. Ocena gotowości przedsiębiorstw poligraficznych do identyfikowania ograniczeń w systemie produkcyjnym 196
6.4. Badanie związków pomiędzy cechami 206
6.5. Ograniczenia w przedsiębiorstwach poligraficznych 226
Podsumowanie 237
Bibliografia 242
Spis rysunków 260
Spis tabel 263
Załącznik – kwestionariusz badawczy 266

Wykaz ważniejszych skrótów i akronimów

ARMI – zatwierdzający (ang. *Approver*), ekspert merytoryczny (ang. *Resource*), członek zespołu (ang. *Member*), interesariusz (ang. *Interested Party*)

BHP – bezpieczeństwo i higiena pracy

BPM – zarządzanie procesami biznesowymi (ang. *Business Process Management*)

C/T – czas cyklu procesu (ang. *Cycle Time*)

CATI – wspomagany komputerowo wywiad telefoniczny (ang. *Computer-Assisted Telephone Interviewing*)

CAWI – wspomagany komputerowo wywiad z wykorzystaniem strony internetowej (ang. *Computer-Assisted Web Interview*)

CCR – zasoby ograniczające moce przerobowe (ang. *Capacity Constraint Resource*)

CIM – komputerowo zintegrowane wytwarzanie (ang. *Computer-Integrated Manufacturing*)

CNC – komputerowe sterowanie urządzeń numerycznych, tu: obrabiarki sterowane numerycznie (ang. *Computerized Numerical Control*)

C_p – wskaźnik zdolności procesu do wytwarzania produktów o takich samych właściwościach

C_{pk} – wskaźnik wycentrowania procesu

CTQ – wymagania krytyczne dla jakości (ang. *Critical to Quality*)

DBR – metoda Werbel-Bufor-Lina (ang. *Drum-Buffer-Rop*)

DMAIC – metoda doskonalenia procesów: definiowanie (ang. *Define*), pomiar (ang. *Measure*), analiza (ang. *Analyse*), usprawnienie (ang. *Improve*), kontrola (ang. *Control*)

DMADV – modyfikacja metody DMAIC: definiowanie (ang. *Define*), pomiar (ang. *Measure*), analiza (ang. *Analyse*), projekt (ang. *Design*), weryfikacja (ang. *Verify*)

DoE – projektowanie eksperymentów (ang. *Design of Experiments*)

DPMO – liczba rzeczywiście dostrzeżonych wad w stosunku do miliona możliwości ich wystąpienia (ang. *Defect per Million Oportunities*)

FMEA – metoda analizy przyczyn i skutków wad (ang. *Failure Mode and Effect Analysis*)

FSC – Rada ds. Odpowiedzialnej Gospodarki Leśnej (ang. *Forest Stewardship Council*)

G.R.P.I. – cele (ang. *Goals*), role (ang. *Roles*), procesy (ang. *Processes*), relacje międzyludzkie (ang. *Interactions*)

GUS – Główny Urząd Statystyczny

IoT – Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things*)

IT – technologie informacyjne (ang. *Information Technology*)

JiT – dokładna ilość we właściwym czasie (ang. *Just-in-Time*)

LM – szczupłe wytwarzanie (ang. *Lean Manufacturing*)

LSS – Lean Six Sigma

MSA – analiza systemów pomiarowych (ang. *Measurement System Analysis*)

MŚP – małe i średnie przedsiębiorstwa

MTBF – średni czas pracy pomiędzy występującymi awariami (ang. *Mean Time Between Failures*)

MTTR – średni czas potrzebny do usunięcia awarii (ang. *Mean Time To Repair*)

OEE – całkowita efektywność wyposażenia, tu: całkowita efektywność maszyn (ang. *Overall Equipment Effectiveness*)

OPT – w latach 1979-1982 zoptymalizowany harmonogram produkcji (ang. *Optimised Production Timetable*)

OPT – od roku 1982 technologia optymalizacji produkcji (ang. *Optimised Production Technology*)

PDCA – cykl Deminga: zaplanuj (ang. *Plan*), wykonaj (ang. *Do*), sprawdź (ang. *Check*), działaj (ang. *Act*)

PEFC – Program Uznania Systemów Certyfikacji Lasów (ang. *Programme for the Endorsement of Forest Certification*)

POOGI – proces ciągłego doskonalenia (ang. *Process of On-Going Improvement*)

PPI – wskaźnik cen produkcyjnych (ang. *Producer Price Index*)

QFD – dopasowanie funkcji jakości (ang. *Quality Function Deployment*)

S-DBR – uproszczona metoda Werbel-Bufor-Lina (ang. *Simplified Drum-Buffer-Rop*)

SIPOC – dostawcy (ang. *Supplier*), wejście (ang. *Input*), proces (ang. *Process*), wyjście (ang. *Output*), klienci (ang. *Customer*)

SKO – statystyczna kontrola odbiorcza

SMED – metoda szybkiego przezbrajania maszyn, urządzeń i procesów produkcyjnych (ang. *Single Minute Exchange of Die*)

SPC – statystyczna kontrola procesu (ang. *Statistical Process Control*)

SS – Six Sigma

TLS – podejście, które łączy koncepcje TO, LM i SS

TO/TOC – Teoria Ograniczeń (ang. *Theory of Constraints*)

TPM – kompleksowe utrzymanie ruchu (ang. *Total Productive Maintenance*)

TPS – system produkcyjny Toyoty (ang. *Toyota Production System*)

TQM – kompleksowe zarządzanie jakością (ang. *Total Quality Management*)

UE – Unia Europejska

VOC – „głos klienta" czyli określenie jego wymogów i oczekiwań względem procesu/produktu (ang. *Voice of Customer/Client*)

VSM – mapowanie strumienia wartości (ang. *Value Stream Mapping*)

WIP – zapasy produkcji w toku (ang. *Work In Process*)

σ – odchylenie standardowe zmiennej losowej od wartości średniej arytmetycznej

6σ – odległość sześciu odchyleń standardowych

5FS – metoda pięciu kroków skupienia (ang. *5 Focusing Steps*)

5S – metoda zarządzania stanowiskiem pracy: 1S – selekcja (jap. *Seiri*), 2S – systematyka (jap. *Seiton*), 3S – sprzątanie (jap. *Seiso*), 4S – standaryzacja (jap. *Seiketsu*), 5S – samodyscyplina (jap. *Shitsuke*)

6S – uzupełnienie metody 5S o dodatkowy aspekt bezpieczeństwa (6S – ang. *Safety*)

5W2H – metoda 5 razy „dlaczego?", 2 razy „jak?"

5WHY – metoda 5 razy „dlaczego?"

Streszczenie

Teoria Ograniczeń (TO) to podejście do zarządzania i doskonalenia operacyjnego stworzone przez izraelskiego fizyka, Eliyahua M. Goldratta. Jej głównym celem jest identyfikacja kluczowych ograniczeń, które utrudniają organizacjom osiągnięcie zamierzonych celów. Następnie, poprzez skoncentrowanie się na poprawie przepustowości tych ograniczeń, TO dąży do zwiększenia wydajności i efektywności całego systemu. Odpowiednie zidentyfikowanie ograniczenia stanowi fundament tej koncepcji, ponieważ umożliwia skupienie zasobów i działań na obszarach, które mają największy wpływ na osiągnięcie pożądanych wyników.

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele metod służących do identyfikacji wąskiego gardła w przemyśle, jednak wybór odpowiedniej metody, która rzeczywiście zapewni precyzyjne wykrycie prawdziwego ograniczenia systemu produkcyjnego, może stanowić wyzwanie. Istnieje pewne ryzyko, że wybrana metoda nie zapewni rzetelnego i prawdziwego wskazania wąskiego gardła w procesie. Przesłanki te stanowią główne motywy i podstawę do podjęcia tematyki rozprawy. Próba ich wypełnienia znalazła wyraz w postawionych do rozwiązania problemach badawczych, które przedstawiono w postaci następujących pytań:

1. Jak prawidłowo zidentyfikować ograniczenie systemu produkcyjnego, który charakteryzuje się dużą różnorodnością wyrobów i zróżnicowanym przepływem produkcji?
2. Jakie ograniczenia występują w systemach produkcyjnych branży poligraficznej w Polsce?

Głównym celem rozprawy jest opracowanie metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych typowych dla branży poligraficznej oraz rozpoznanie i usystematyzowanie ograniczeń występujących w tej branży. Z głównym celem rozprawy, związane są następujące cele szczegółowe o charakterze poznawczym i metodologicznym, które obejmują:

- syntezę obecnej wiedzy na temat Teorii Ograniczeń, metod identyfikacji wąskich gardeł oraz systemów produkcyjnych,
- przeprowadzenie analizy branży poligraficznej w Polsce,
- opracowanie koncepcyjne metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej,
- empiryczną weryfikację i rozwinięcie metodyki identyfikacji ograniczeń systemu produkcyjnego poprzez pogłębione studia w wybranych przedsiębiorstwach,
- określenie stanu wykorzystania TO wśród przedsiębiorstw oraz efektów jakie przynosi,
- określenie typowych ograniczeń charakterystycznych dla branży poligraficznej oraz ich usystematyzowanie w drodze badań ilościowych,

– sformułowanie rekomendacji dotyczących zastosowania metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej.

Przedstawiona rozprawa prezentuje obszerne badania wykorzystujące różnorodne metody badawcze, takie jak analiza literatury, studia koncepcyjne, studia przypadków, badania ankietowe (CAWI i CATI) oraz metody statystyczne. Głównym celem tych badań jest dogłębne zrozumienie tematu oraz specyfiki branży poligraficznej w kontekście opracowania kompleksowej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych. Dodatkowo analizowane są również typowe ograniczenia występujące w tej branży.

Obiektem prowadzonych badań są przedsiębiorstwa działające w sektorze poligraficznym, zajmujące się produkcją różnorodnych wyrobów. Przedsiębiorstwa te stanowią istotny obszar badawczy ze względu na ich specyficzne wymagania i zróżnicowany przepływ produkcji, a także znaczenie ekonomiczne w gospodarce.

Rozważania prezentowane w dysertacji ujęto w sześciu rozdziałach. Cztery pierwsze mają charakter teoretyczny i przeglądowy. Pierwszy rozdział pracy prezentuje syntetyczny przegląd literatury dotyczący organizacji i zarządzania produkcją. Drugi rozdział stanowi szczegółowy opis koncepcji TO, metod identyfikacji wąskich gardeł, a także omawia wybrane techniki usprawniające przepływ produkcji. Trzeci rozdział poświęcono innym koncepcjom zarządzania, istotnym w doskonaleniu systemów produkcyjnych, do których należą Lean Manufacturing, Six Sigma oraz zarządzanie jakością. W rozdziale czwartym scharakteryzowano branżę poligraficzną, a także metodę studium przypadku oraz badania ankietowego. Rozdział piąty poświęcono analizie studiów przypadków przeprowadzonych w dwóch wybranych przedsiębiorstwach poligraficznych, w których zastosowano koncepcję metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych. Ostatni rozdział, szósty, prezentuje wyniki badań ilościowych przeprowadzonych na populacji 237 przedsiębiorstw poligraficznych. Ponadto w rozdziale tym przedstawiono systematykę ograniczeń w przedsiębiorstwach poligraficznych.

Przeprowadzone studia przypadków, a także wyniki badań ankietowych, pozwoliły na opracowanie ostatecznej postaci metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej. Zaproponowane etapy metodyki identyfikacji ograniczeń zostały starannie dobrane i pozwalają na spójne podejście do analizy systemu produkcyjnego. Takie działanie umożliwia lepsze zrozumienie systemu jako całości oraz dokładne poznanie jego wewnętrznych mechanizmów. Metodyka ta stanowi cenne narzędzie, które może być wykorzystane przez kierowników produkcji oraz ekspertów w procesie implementacji TO.

Abstract

The Theory of Constraints (TO) is an approach to management and operational improvement created by Israeli physicist Eliyahu M. Goldratt. Its main goal is to identify key constraints that hinder organizations from achieving their goals. Then, by focusing on improving the throughput of these constraints, the TO seeks to increase the efficiency and effectiveness of the entire system. Properly identifying a constraint is the foundation of the concept, as it enables TOs to focus resources and activities on the areas that have the greatest impact on achieving the desired results.

In the subject literature, you can find numerous methods for identifying bottlenecks in the industry. However, selecting the appropriate method that truly ensures the precise detection of the actual limitation of a production system can be a challenge. There is a certain risk that the chosen method may not provide reliable and accurate indication of the bottleneck in the process. These premises constitute the main motives and basis for undertaking the subject of this dissertation. The attempt to address them is reflected in the research problems posed in the form of the following questions:

1. How to correctly identify the constraint of a production system characterized by a wide variety of products and diverse production flow?
2. What are the constraints that exist in the production systems of the printing industry in Poland?

The main objective of the thesis is to develop a methodology for identifying constraints in production systems typical for the printing industry, as well as to recognize and systematize the constraints present in this industry. The main goal of the thesis is associated with the following specific cognitive and methodological objectives, which include:

- synthesizing the current knowledge on the Theory of Constraints, bottleneck identification methods, and production systems,
- conducting an analysis of the printing industry in Poland,
- developing a conceptual framework for the methodology of identifying constraints in the production systems of the printing industry,
- empirically verifying and expanding the methodology for identifying constraints in the production system through in-depth studies in selected companies,
- determining the level of utilization of Theory of Constraints among companies and its effects,
- identifying typical constraints specific to the printing industry and systematizing them through quantitative research,
- formulating recommendations regarding the application of the methodology for identifying constraints in the production systems of the printing industry.

The dissertation presented here presents extensive research using a variety of research methods, such as literature analysis, conceptual studies, case studies, surveys (CAWI and CATI) and statistical methods. The main objective of these studies is to gain in-depth understanding of the subject matter and the specific characteristics of the printing industry in the context of developing a comprehensive methodology for identifying constraints in production systems. Additionally, typical constraints occurring in this industry are also analyzed.

The research focuses on companies operating in the printing industry, involved in the production of various products. These companies constitute a significant research area due to their specific requirements and diversified production flow, as well as their economic importance in the economy.

The dissertation comprises six chapters, with the first four chapters being theoretical and review-oriented. The first chapter provides a synthetic literature review on production organization and management. The second chapter provides a detailed description of the concept of the Theory of Constraints, methods for identifying bottlenecks, and discusses selected techniques for improving production flow. The third chapter focuses on other management concepts relevant to improving production systems, including Lean Manufacturing, Six Sigma, and quality management. In the fourth chapter, the printing industry is characterized, and the case study and survey research method are discussed. The fifth chapter is devoted to the analysis of case studies conducted at two selected printing companies, where the concept of the methodology for identifying constraints in production systems was applied. Finally, the sixth chapter presents the results of quantitative research conducted on a population of 237 printing companies. Additionally, this chapter presents a systematization of constraints in printing companies.

The conducted case studies and survey research have allowed for the development of the final version of the methodology for identifying constraints in the production systems of the printing industry. The proposed steps of the constraint identification methodology have been carefully selected and allow a consistent approach to the analysis of the production system. This approach enables a better understanding of the system as a whole and a thorough understanding of its internal mechanisms. The developed methodology serves as a valuable tool that can be utilized by production managers and experts during the implementation process of the TO.

Wstęp

Wysoka produktywność systemów produkcyjnych stanowi jedno z głównych wyzwań, które niepokoją menedżerów na różnych szczeblach wszystkich przedsiębiorstw produkcyjnych. Codziennie muszą oni zmagać się z trudnościami związanymi z eliminacją różnego typu strat, nieciągłości przepływu i braku zbalansowania pomiędzy maszynami. Jedną z bardziej interesujących koncepcji, która może pomóc menedżerom w zarządzaniu systemami produkcyjnymi, jest Teoria Ograniczeń (TO) autorstwa Eliyahu M. Goldratta. Podejście to koncentruje się na identyfikacji głównego ograniczenia w systemie oraz poprawie jego przepustowości, co przekłada się na wzrost wydajności całego systemu. TO wyróżnia się względną prostotą i obietnicą wysokiej skuteczności, co może przesądzać o jej atrakcyjności w oczach menedżerów. Mimo że nie jest to nowa koncepcja, nie ma wielu badań, które analizują problematykę jej funkcjonowania w przedsiębiorstwach. Wątpliwości może wzbudzać słowo „teoria" obecne w nazwie koncepcji będącej przedmiotem zainteresowania w dysertacji. Jednak termin „teoria" nie jest tutaj używany w ściśle naukowym sensie, ale raczej w bardziej potocznym znaczeniu. Według *Słownika języka polskiego PWN* teoria, oprócz „całościowej koncepcji zawierającej opis i wyjaśnienie zjawisk", to również „czyjakolwiek koncepcja na określony temat"[1]. Podkreślić należy, że TO została w taki sposób nazwana przez jej autora E.M. Goldratta i pod taką nazwą funkcjonuje niezmiennie w literaturze światowej.

Na podstawie krytycznego przeglądu literatury, dotyczącego identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych, dostrzeżono istnienie luk badawczych. Wskazano na istnienie potrzeby opracowania metodyki służącej identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych, która będzie pomocnym narzędziem podczas wdrażania TO w przedsiębiorstwie. Nie znaleziono ponadto jednoznacznej systematyki i hierarchizacji ograniczeń odpowiednich dla różnych branż.

Wskazane luki badawcze stanowiły kluczowe motywy do sformułowania problemów badawczych, które można przedstawić w postaci następujących pytań:

1. Jak prawidłowo zidentyfikować ograniczenie systemu produkcyjnego, który charakteryzuje się dużą różnorodnością wyrobów i zróżnicowanym przepływem produkcji?
2. Jakie ograniczenia występują w systemach produkcyjnych branży poligraficznej w Polsce?

Pogłębiona analiza literatury przedmiotu oraz przeprowadzenie wstępnych badań umożliwiły sformułowanie celów i hipotez badawczych. Za cel główny pracy przyjęto **opracowanie metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach**

[1] W. Doroszewski (red.), *Słownik języka polskiego PWN*, https://sjp.pwn.pl/szukaj/teoria.html, [dostęp: 25.06.2023].

produkcyjnych typowych dla branży poligraficznej oraz rozpoznanie i usystematyzowanie ograniczeń występujących w tej branży.

Postawiono następujące szczegółowe cele badawcze:

- syntezę obecnej wiedzy na temat TO, metod identyfikacji wąskich gardeł oraz systemów produkcyjnych,
- przeprowadzenie analizy branży poligraficznej w Polsce,
- opracowanie koncepcyjne metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej,
- empiryczną weryfikację i rozwinięcie metodyki identyfikacji ograniczeń systemu produkcyjnego poprzez pogłębione studia w wybranych przedsiębiorstwach,
- określenie stanu wykorzystania TO wśród przedsiębiorstw oraz efektów jakie przynosi,
- określenie typowych ograniczeń charakterystycznych dla branży poligraficznej oraz ich usystematyzowanie w drodze badań ilościowych,
- sformułowanie rekomendacji dotyczących zastosowania metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej.

Realizacja postawionych celów pracy ma doprowadzić do zweryfikowania dwóch hipotez badawczych, przyjmujących następujące brzmienie: **identyfikacja wąskiego gardła systemu produkcyjnego w branży poligraficznej wymaga wielokrotnego potwierdzenia z wykorzystaniem metod opartych na różnych parametrach systemu produkcyjnego** oraz **wykorzystanie Teorii Ograniczeń w organizacji przepływu produkcji poligraficznej wpływa korzystnie na skrócenie czasu realizacji zamówień, skrócenie czasu cyklu produkcyjnego oraz poprawę terminowości zleceń.**

Obiektem prowadzonych badań są przedsiębiorstwa działające w sektorze poligraficznym, zajmujące się produkcją różnorodnych wyrobów. Przedsiębiorstwa te stanowią ważny obszar badawczy ze względu na ich specyficzne wymagania i zróżnicowany przepływ produkcji, a także znaczenie ekonomiczne w gospodarce.

Niniejsza rozprawa przedstawia szeroki zakres prac badawczych, które obejmują studia literaturowe, studia koncepcyjne, studia przypadków oraz badania ankietowe. Skupiają się one na dogłębnym rozpoznaniu tematu oraz specyfiki branży poligraficznej w celu opracowania kompleksowej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych oraz typowych ograniczeń występujących w tej branży.

Praca została podzielona na sześć rozdziałów, zaczynając od wstępu i kończąc na podsumowaniu. Cztery pierwsze rozdziały mają charakter teoretyczny i przeglądowy. Kolejne dwa rozdziały koncentrują się na aspektach empirycznych, prezentując wyniki przeprowadzonych badań oraz działań mających na celu

rozwiązanie postawionego problemu badawczego. Układ pracy jest logicznie ułożony w zgodzie z celami badawczymi, umożliwiając śledzenie przebiegu badań, osiągnięcie postawionych celów, a także weryfikację hipotez badawczych. Dodatkowo praca została wzbogacona o załącznik, który prezentuje narzędzie wykorzystane w badaniu ankietowym, poszerzając tym samym treść rozprawy doktorskiej.

Pierwszy rozdział pracy prezentuje syntetyczny przegląd literatury dotyczący organizacji i zarządzania produkcją. Zaprezentowano w nim definicję produkcji oraz opisano jej powiązanie z procesem produkcyjnym. Szczegółowo wyjaśniono pojęcie procesu produkcyjnego oraz dokładnie omówiono jego podział ze względu na: znaczenie dla powstawania wyrobu, charakter działań wykonywanych w stosunku do przedmiotu pracy, właściwości produktu, rodzaj stosowanej technologii, udział pracy ludzkiej oraz wykorzystywane środki pracy. W rozdziale tym poświęcono również uwagę rodzajom produkcji oraz formom jej organizacji. Ponadto, omówiono istotę cyklu produkcyjnego, cyklu wytwórczego oraz sposoby przekazywania wyrobów między stanowiskami pracy podczas trwania operacji technologicznych. Istotnym aspektem jest również analiza zarządzania zapasami, która została szczegółowo opisana. Dodatkowo scharakteryzowano system produkcyjny, dokładnie analizując jego model oraz podział na podsystemy. Omówiono kluczowe wskaźniki oceny systemu produkcyjnego, takie jak zdolność produkcyjna, produktywność oraz wydajność. Rozdział zakończono dogłębną analizą otoczenia systemu produkcyjnego.

W rozdziale drugim, podobnie jak w rozdziale pierwszym, przeprowadzono pogłębione studia literaturowe, których analiza koncentrowała się na TO jako jednej z metod zarządzania. Dokładnie omówiono jej założenia, przeprowadzono analizę interpretacji definicji wąskiego gardła i ograniczenia oraz wskazano własną interpretację. W rozdziale poświęcono szczególną uwagę metodom identyfikacji wąskich gardeł jakie są rozpoznane w literaturze przedmiotu. W dalszej części skupiono się na omówieniu wybranych technik usprawniających przepływ produkcji, takich jak DBR, SMED, 5S, TPM, Kaizen, standaryzacja pracy oraz outsourcing.

Rozdział trzeci poświęcono innym koncepcjom zarządzania, istotnym w doskonaleniu systemów produkcyjnych. W szczególności skupiono się na koncepcji Lean Manufacturing (LM), omawiając jej zasady oraz różne rodzaje marnotrawstwa. Przedstawiono również narzędzia i techniki, takie jak Just In Time, Kanban, Poka-Yoke i VSM, które mogą być zastosowane w przedsiębiorstwie w ramach LM. Opisano liczne korzyści z wdrożenia tej koncepcji. W rozdziale poświęcono również uwagę koncepcji Six Sigma (SS). Przedstawiono tradycyjne podejście do kosztów jakości oraz podejście oparte na SS. Wyjaśniono znaczenie wskaźnika jakości 6σ, czynnika przesunięcia i wskaźnika DPMO. Skoncentrowano się również na opisie dwóch wzajemnie powiązanych wskaźników jakościowych –

C_p i C_{pk}, które odzwierciedlają zdolność procesu do spełniania wymagań specyfikacji. Omówiono strukturę organizacyjną pracowników związanych z SS, takich jak Sponsor, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt i Yellow Belt, przedstawiając ich role i odpowiedzialności w realizacji projektów. Przedstawiono metodologię DMAIC (ang. *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) jako podstawę prowadzenia projektów SS, wyjaśniając cele, narzędzia i techniki stosowane na każdym etapie. Zarządzanie jakością to ostatnia koncepcja omówiona w rozdziale trzecim. Przedstawiono definicję jakości oraz etapy rozwoju zarządzania jakością. Scharakteryzowano osiem zasad, które stanowią fundament skutecznego systemu zarządzania jakością oraz omówiono dwie formy oceny systemu jakości: audyty jakościowe i przeglądy. Rozdział trzeci zakończono analizą współdziałania wcześniej wymienionych koncepcji doskonalenia systemów produkcyjnych z TO.

Rozdział czwarty rozpoczęto od scharakteryzowania branży poligraficznej jako obiektu badań. Omówiono strukturę podziału przedsiębiorstw poligraficznych w Polsce w zależności od ich wielkości w okresie od 2015 do 2020 roku. Następnie dokonano analizy obrotów generowanych przez polskie przedsiębiorstwa poligraficzne oraz relacji przychodów, a także relacji między przychodami, a liczbą zatrudnionych osób. Kolejno omówiono technologie wykorzystywane w procesie produkcji wyrobów oferowanych w branży. Następnie skupiono się na planach rozwojowych przedsiębiorstw poligraficznych na najbliższe 2-3 lata oraz ich celach na przyszłość. Dokonano również analizy sprzedaży produktów na rynkach zagranicznych oraz omówiono wpływ branży poligraficznej na środowisko w kontekście ekologii. W dalszej części rozdziału opisano metodykę studium przypadku, która została wykorzystana w badaniach jakościowych. Przedstawiono scenariusz precyzujący kolejność i zakres działań w procesie badawczym. Rozdział zakończono opisem badania ankietowego, przedstawiając strukturę i założenia użytego narzędzia badawczego, charakterystykę badanej populacji oraz przebieg procesu badawczego.

Rozdział piąty poświęcono analizie studiów przypadków przeprowadzonych w dwóch wybranych przedsiębiorstwach poligraficznych. W ramach tego rozdziału omówiono koncepcję metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych wraz z wyczerpującym opisem każdego etapu. Następnie przedstawiono opisy poszczególnych przypadków, zachowując pełną anonimowość badanych organizacji. Studia przypadków rozpoczynają się od krótkiej charakterystyki obiektów badawczych, a następnie prezentują etap praktycznego wykorzystania metodyki identyfikacji ograniczeń. W pierwszej kolejności zidentyfikowano procesy tworzące przepływ wyrobów. Następnie zastosowano sześć metod identyfikacji wąskiego gardła w badanych systemach produkcyjnych. Po ustaleniu wąskiego gardła określono dystans do kolejnego ograniczenia. Metoda studium przypadku posłużyła do weryfikacji opracowanej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej, a także do zebrania dodatkowych informacji pozwalających na uzupełnienie i uszczegółowienie

zaproponowanego podejścia. Rozdział zakończono sformułowaniem wniosków z przeprowadzonych badań wraz z opracowaniem ostatecznej postaci metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej.

Ostatni rozdział dysertacji prezentuje wyniki badań ilościowych przeprowadzonych na populacji 237 przedsiębiorstw poligraficznych. Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystyki opisowej. Przedstawiono charakterystykę badanej próby, a także aktualny stan przedsiębiorstw poligraficznych. Ponadto rozpoznano możliwości dotyczące wykorzystania TO w branży poligraficznej. Następnie przeprowadzono dalszą analizę statystyczną w celu identyfikacji zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi. W rozdziale zamieszczono również systematykę ograniczeń, czyli typowe ograniczenia występujące w badanej branży. Badanie ankietowe umożliwiło zweryfikowanie i uzupełnienie informacji pozyskanych od wybranych przedsiębiorstw podczas badań jakościowych.

Praca została zakończona podsumowaniem zawierającym wnioski skierowane do kierowników produkcji oraz ekspertów zajmujących się wdrażaniem TO. W podsumowaniu pracy zawarto również propozycje dalszych badań i wskazano obszary wymagające eksploracji. Propozycje te mogą stanowić punkt wyjścia dla kolejnych prac badawczych, mających na celu pogłębienie wiedzy na temat zastosowania TO w branży poligraficznej.

W pracy zostały wykorzystane zarówno polskie, jak i zagraniczne źródła literaturowe. Oprócz tego skorzystano z danych wtórnych pochodzących z autoryzowanych baz danych Głównego Urzędu Statystycznego oraz raportów branżowych Instytutu Gutenberga. Dzięki temu zapewniono szerokie spektrum informacji, uwzględniających zarówno teoretyczne aspekty badanej tematyki, jak i aktualne dane statystyczne oraz raporty związane z branżą poligraficzną.

1. Organizacja i zarządzanie produkcją

1.1. Charakterystyka procesów produkcyjnych

Mając na uwadze rodzaj wykonywanej działalności, wyróżnia się dwa główne typy przedsiębiorstw: produkcyjne i usługowe. Przedsiębiorstwa produkcyjne zajmują się produkcją różnego rodzaju wyrobów, na przykład maszyn lub pojedynczych komponentów maszyn. Z kolei przedsiębiorstwa usługowe specjalizują się w świadczeniu różnego rodzaju usług, na przykład handlowych. Oba rodzaje przedsiębiorstw różnią się od siebie rodzajem działalności, ale mają na celu osiągnięcie zysku poprzez zaspokajanie potrzeb klientów i rynku[2].

Produkcja to proces pracy, w którym ludzka aktywność, świadomie i celowo wykorzystując odpowiednie narzędzia, przekształca przedmioty pracy (surowce i materiały) w produkty. Proces ten składa się z sekwencji skoordynowanych operacji technologicznych, w wyniku których następuje zmiana właściwości mechanicznych lub kształtu produktu. Produkcję można zdefiniować również jako proces wytwarzania produktów lub usług przez producenta, którego celem jest ich sprzedaż na rynku. Produkty te mogą przybierać różne formy, w tym wyroby przemysłowe, żywność, usługi oraz wiele innych. Pojęcie produkcji jest ściśle związane z pojęciem procesu produkcyjnego[3], który można scharakteryzować w następujący sposób:

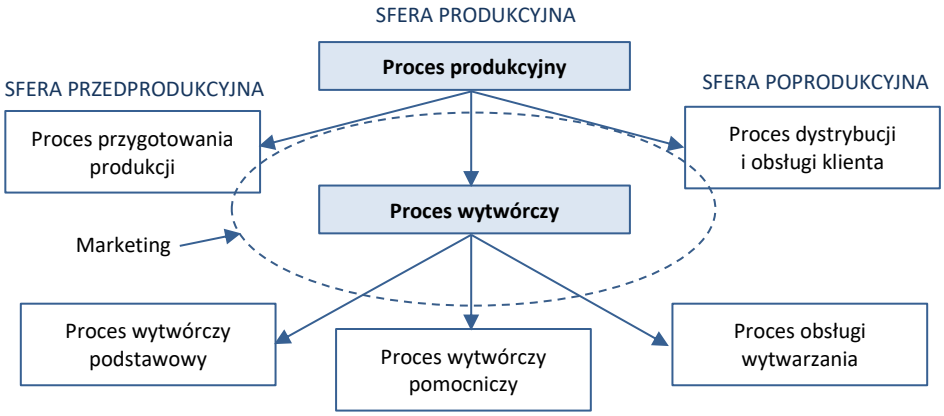
- zespół uporządkowanych działań (zadań, zabiegów, operacji, itp.) mających na celu przetworzenie surowców lub materiałów w pojedynczy wyrób lub grupę wyrobów, przy czym wyroby mogą się zmieniać w zależności od potrzeb rynkowych lub specyfikacji klienta,
- sekwencja czynności, które są wykonywane w określonej kolejności i z wykorzystaniem różnych narzędzi oraz technologii, uwzględniając przy tym ograniczenia czasowe,
- jest podatny na zmienność charakterystyk ilościowych i jakościowych, zasobów energetycznych, materiałowych i informacyjnych, co świadczy o dynamicznym charakterze przebiegu produkcji,
- powinien być opłacalny, czyli realizowany w sposób, który zapewnia optymalne wykorzystanie zasobów produkcyjnych w celu uzyskania najwyższej wydajności przy minimalnych kosztach.

Proces produkcyjny dzieli się na trzy sfery: przedprodukcyjną, produkcyjną i poprodukcyjną (rysunek 1.1).

---

[2] J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy produkcyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013, 2021, s. 23.

[3] K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014, s. 17.



Rysunek 1.1. Struktura procesu produkcyjnego i wytwórczego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: R. Knosala (red.), *Inżynieria produkcji: kompendium wiedzy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2017, s. 33; R. Kozłowski, B. Liwowski, *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa 2011, s. 16-17; J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy produkcyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013, 2021, s. 24.

Na etapie przedprodukcyjnym, czyli przygotowania do produkcji, projektowany jest wzorzec wyrobu oraz dokumentowane są kolejne działania potrzebne do jego wytworzenia w rzeczywistej formie. W literaturze przedmiotu etap przygotowania produkcji jest określany również jako proces badań i rozwoju. Proces ten dotyczy wszystkich trzech obszarów: organizacyjnego, konstrukcyjnego i technologicznego, a jego celem jest, jak sama nazwa wskazuje, przygotowanie produkcji. Pominięcie tego kroku i uruchomienie czynności produkcyjnych w formie materialnej prowadziłoby do wielu problemów, co utrudniłoby efektywne wykorzystanie zasobów i uniemożliwiłoby osiągnięcie minimalnej opłacalności przedsiębiorstwa. Kolejnym etapem wchodzącym w skład sfery produkcyjnej jest proces wytwórczy, który obejmuje proces podstawowy, polegający na przetwarzaniu surowców i półproduktów w gotowe produkty, proces pomocniczy, który zawiera prace niezbędne do realizacji procesu podstawowego, ale jednocześnie nie stanowiące bezpośredniej części produkcji oraz proces obsługi wytwarzania, obejmujący wszystkie czynności związane z organizacją pracy i zarządzaniem produkcją. Sfera poprodukcyjna skupia się na zapewnieniu funkcjonowania procesów związanych z obsługą klienta i dystrybucją. W ramach tych procesów organizowane są badania marketingowe, obsługa serwisowa oraz sprzedaż. Głównym celem jest utworzenie

skutecznych kanałów dystrybucji, które pozwolą na dostarczenie gotowych produktów do klientów końcowych[4,5,6].

W sferze produkcyjnej występuje duża różnorodność działań i wytwarzanych wyrobów, co uniemożliwia stworzenie uniwersalnego zestawu reguł i prawidłowości, które mogą objąć wszystkie elementy tego obszaru. Z tego powodu konieczne jest uporządkowanie i wyodrębnienie podobnych grup działań, które podlegają wspólnym zasadom i regułom. W tym celu stosuje się klasyfikacje pozwalające na uporządkowanie procesów produkcyjnych i ułatwiające ich analizę oraz ulepszanie[7].

Na etapie wytwarzania produktów, procesy produkcyjne mogą zostać pogrupowane na podstawie ich znaczenia dla powstawania wyrobu, są to: procesy podstawowe, pomocnicze (obsługowe) i zarządcze (informacyjno-sterujące).

Procesy podstawowe są niezbędne do zrealizowania wymagań klienta. Koszty z nimi związane są akceptowalne dla klienta, a procesy te dostarczają wartość dodaną produktom końcowym. Wchodzą one w skład procesu produkcyjnego i są bezpośrednio związane z procesem technologicznym, który składa się z ciągu operacji technologicznych mających na celu wytwarzanie wyrobu.

Procesy pomocnicze (obsługowe) są również konieczne do realizacji zamówienia klienta, a więc do realizacji procesów podstawowych, ale nie przynoszą mu wartości dodanej. Ich wykonywanie wynika z ustalonej organizacji systemu produkcyjnego i przyczynia się do wzrostu kosztów produkcji, jednak klient nie akceptuje ponoszenia kosztów tych działań. Procesy pomocnicze obejmują operacje takie jak konserwacja, kontrola, transport, magazynowanie oraz składowanie, które wspierają procesy podstawowe i umożliwiają ich skuteczną realizację. Operacja konserwacji jest istotnym procesem mającym na celu utrzymanie właściwych cech wyrobu w czasie jego eksploatacji poprzez stosowanie okresowych zabiegów konserwacyjnych. Odbywa się z wykorzystaniem środków konserwujących, które nie są składnikami wytwarzanego wyrobu, tylko są usuwane przed jego użyciem. Operacja kontroli to proces polegający na badaniu części, zespołów lub gotowych wyrobów przez wykonawcę lub specjalistów, zgodnie z ustalonym programem kontroli. Badane elementy poddawane są pomiarom i testom przy użyciu specjalnych narzędzi kontrolno-pomiarowych, aby sprawdzić ich zgodność z wzorcami lub normami jakościowymi. Operacja transportu polega na przemieszczaniu materiałów, półwyrobów, części lub gotowych wyrobów z jednego

---

4 R. Kozłowski, B. Liwowski, *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa 2011, s. 16-17.

5 R. Knosala (red.), *Inżynieria produkcji: kompendium wiedzy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2017, s. 33.

6 J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy…*, op. cit., s. 25.

7 R. Kozłowski, B. Liwowski, *Podstawowe zagadnienia…*, op. cit., s. 17.

miejsca na drugie. Czas trwania operacji transportu jest uzależniony od wymagań realizowanego procesu. Choć operacja ta nie wpływa na zmiany w produkcie, to wymaga odpowiednich środków transportu i powoduje utratę czasu. W celu zapewnienia płynnego przepływu produkcji, konieczne jest minimalizowanie liczby i czasu operacji transportowych. Operacja składowania i magazynowania polega na przechowywaniu materiałów, półproduktów lub gotowych wyrobów na wydzielonych powierzchniach magazynowych, składowych lub na odpowiednich urządzeniach transportowych. W wyniku tej operacji nie następuje zmiana części lub produktu, jednak jest ona czasochłonna i wymaga nakładu pracy i środków. Przy odpowiednim zaplanowaniu procesu produkcyjnego, należy dążyć do minimalizacji liczby i czasu operacji składowania i magazynowania, aby zapewnić ciągły przepływ produkcji.

Procesy zarządcze (informacyjno-sterujące) są niezbędne do zarządzania procesami produkcyjnymi, takimi jak planowanie, organizowanie, kontrolowanie i koordynowanie działań. Nie przynoszą one bezpośredniej wartości dodanej dla produktu, ale ich wykonywanie jest niezbędne do skutecznego zarządzania procesami i osiągnięcia celów produkcji[8].

Wszystkie trzy rodzaje procesów są ze sobą ściśle powiązane i wzajemnie się uzupełniają. Procesy podstawowe stanowią fundament wytwarzania produktu końcowego, ale nie mogą funkcjonować bez wsparcia ze strony procesów pomocniczych, które dostarczają niezbędne zasoby i materiały. Jednocześnie skuteczne zarządzanie procesami produkcyjnymi jest kluczowe dla zapewnienia optymalnego wykorzystania zasobów i koordynacji działań. Z drugiej strony, procesy pomocnicze i zarządcze nie mają racji bytu bez procesów podstawowych, ponieważ ich głównym celem jest umożliwienie i poprawa wydajności tych procesów[9].

W zależności od charakteru działań wykonywanych w stosunku do przedmiotu pracy, można wyróżnić[10]:

- procesy technologiczne – wszystkie działania mające na celu przekształcenie cech przedmiotu pracy (surowce, materiały) w gotowy wyrób,
- procesy kontrolno-pomiarowe – działania pozwalające na określenie cech charakteryzujących stan przedmiotu pracy na danym etapie produkcji, porównanie tych cech z odpowiednim wzorcem i stwierdzenie, czy stan faktyczny jest zgodny z normami, czy też występują odstępstwa,
- procesy transportowe (wewnętrzne, zewnętrzne) – czynności związane z przemieszczaniem przedmiotu pracy, które prowadzą do zmiany jego położenia lub pozycji,

---

8 J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy…*, op. cit., s. 25-27.

9 E. Pająk, *Zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021, s. 108.

10 R. Kozłowski, B. Liwowski, *Podstawowe zagadnienia…*, op. cit., s. 17-20.

– procesy składowania i magazynowania – przechowywanie przedmiotu pracy w czasie, kiedy nie jest on poddawany żadnym działaniom związanym z produkcją.

Proces technologiczny jest głównym elementem procesu produkcyjnego (podstawowego), w którym następuje przekształcenie surowców i materiałów poprzez zmianę ich właściwości, kształtu i konfiguracji, w celu uzyskania oczekiwanego wyrobu końcowego. Proces technologiczny składa się z serii operacji technologicznych (obróbkowych i montażowych), które są charakterystyczne ze względu na niezmienność obiektu przetwarzanego, stanowiska pracy oraz wykonawcy. W każdej z operacji technologicznych dokonywana jest określona czynność przetwarzania, która ma na celu przekształcenie materiału lub wyrobu w określony sposób. W trakcie operacji technologicznej przedmiot obrabiany jest zamocowany w sposób zapewniający stabilność jego położenia. Operacja ta może być przeprowadzana w jednym lub kilku zamocowaniach oraz w jednej lub kilku pozycjach, co określa położenie przedmiotu w stosunku do narzędzia. Operacja technologiczna składa się z zabiegów, które są realizowane z wykorzystaniem tych samych parametrów obróbki, ustawienia i pozycji. Zabiegi dzielą się na proste, dotyczące obróbki jednej powierzchni przy użyciu jednego narzędzia oraz złożone, obejmujące obróbkę zespołu powierzchni przy użyciu jednego narzędzia i według ustalonego programu. W procesie technologicznym wyróżnia się dwa pojęcia: czynność i ruch elementarny. Każda operacja (lub zabieg) składa się z określonych czynności, takich jak zamocowanie przedmiotu czy uruchomienie maszyny. Aby dokładnie zbadać czas wykonania danej czynności, można ją podzielić na mniejsze, niewymierne fragmenty – ruchy elementarne, na przykład chwytanie dźwigni, czy jej przestawienie. Terminy te są powszechnie używane w produkcji masowej w celu przeprowadzenia analizy czasowej procesu technologicznego[11]. Strukturalny podział procesu technologicznego zaprezentowano na rysunku 1.2.

W zależności od wybranych zmiennych oraz charakterystyk, można wyróżnić następujące typy procesów produkcyjnych:

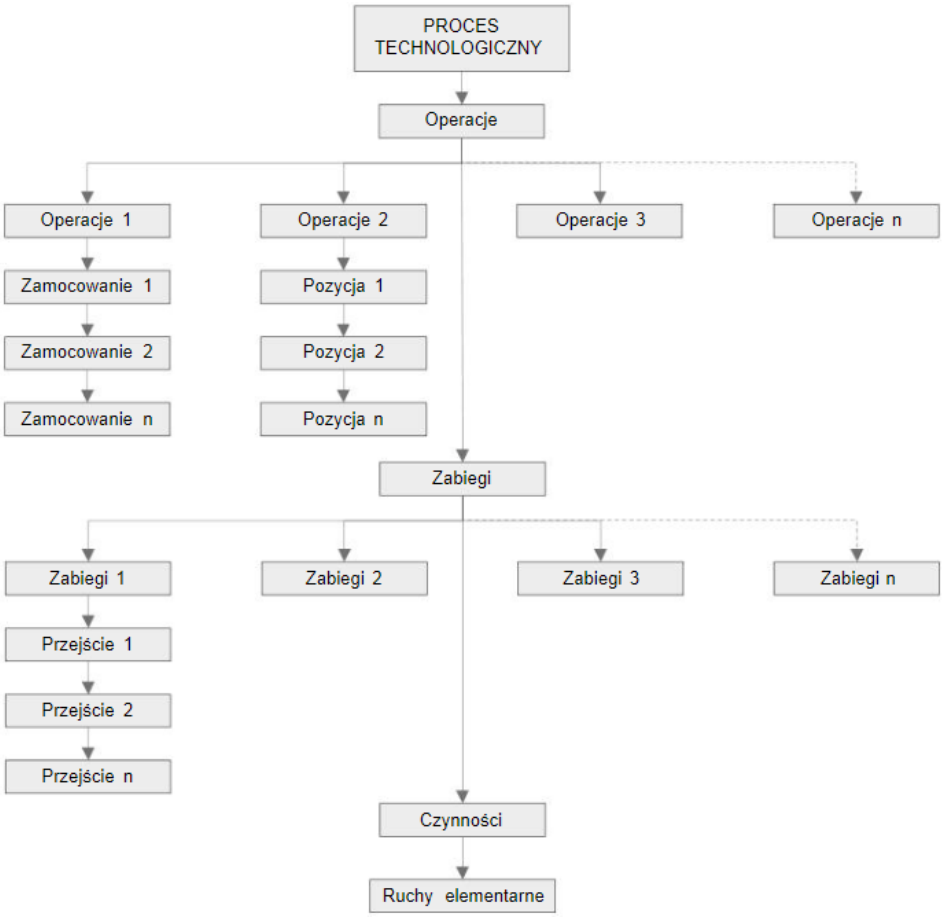
a) sklasyfikowane ze względu na ciągłość i przebieg w czasie[12]:
   – procesy dyskretne (nieciągłe) – charakteryzują się tym, że wymagają udziału człowieka w procesie produkcyjnym; udział ten może przybierać formę bezpośredniego działania pracownika lub wymagać wykorzystania zautomatyzowanych urządzeń, takich jak obrabiarki CNC, roboty czy manipulatory przemysłowe,
   – procesy ciągłe – charakteryzują się nieprzerwanym przebiegiem w całodobowym cyklu pracy; takie procesy są często wykorzystywane

[11] R. Cieślak, E. Pająk, *Projektowanie procesów konwencjonalnych*, Wydawnictwo PWSZ w Koninie, Konin 2013, s. 12-16.

[12] J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy…*, op. cit., s. 27-28.

w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych i często wymagają minimalnej (lub żadnej) ingerencji człowieka,

b) sklasyfikowane ze względu na złożoność procesów[13]:
   - procesy proste – zestaw operacji produkcyjnych związanych z produkcją jednej części wyrobu, włączając w to również operacje pomocnicze,
   - procesy złożone – składają się z połączonych ze sobą dwóch lub więcej procesów prostych, występują w trakcie procesu montażu wyrobu.



Rysunek 1.2. Strukturalny podział procesu technologicznego

Źródło: R. Cieślak, E. Pająk, *Projektowanie procesów konwencjonalnych*, Wydawnictwo PWSZ w Koninie, Konin 2013, s. 11.

[13] Ibidem, s. 32.

W literaturze przedmiotu można znaleźć opis uwzględniający powyższy podział procesów produkcyjnych, który klasyfikuje je jako różne rodzaje produkcji, a dokładniej wprowadza podział ze względu na policzalność wyrobu (produkcja dyskretna, ciągła) oraz złożoność wyrobu (produkcja prosta, złożona)[14].

Ze względu na rodzaj stosowanej technologii można wyróżnić procesy[15]:

- wydobywcze – związane z pozyskiwaniem surowców mineralnych, na przykład ropy naftowej,
- przetwórcze – mające na celu zmianę właściwości fizykochemicznych surowców, czego skutkiem często jest uzyskanie nowych materiałów o odmiennych właściwościach,
- obróbkowe – mające na celu modyfikację wymiarów, kształtu lub struktury wewnętrznej przedmiotów pracy poprzez wykorzystanie specjalnych technik obróbki materiałów,
- montażowe i demontażowe – polegające na łączeniu pojedynczych części wyrobu lub jego fragmentów w celu uzyskania gotowego produktu (procesy montażowe), bądź taż na rozłączaniu poszczególnych elementów wyrobu lub jego demontażu w całości (procesy demontażowe); oba rodzaje procesów są wykorzystywane w trakcie remontów, napraw oraz przygotowywania wyrobów do transportu lub przechowywania,
- procesy naturalne i biotechnologiczne – prowadzące do modyfikacji właściwości przedmiotów pracy oraz produktów w wyniku interakcji z organizmami żywymi lub poprzez oddziaływanie na ich strukturę wewnętrzną lub powierzchniową.

Inny rodzaj klasyfikacji pozwala rozróżniać procesy w zależności od udziału pracy ludzkiej. W tym przypadku można wymienić[16]:

- procesy pracy – nie mogące odbyć się bez udziału człowieka,
- procesy naturalne – będące wynikiem oddziaływań pomiędzy różnymi czynnikami przyrodniczymi, takimi jak temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne, czy czas. Przykładami tego typu procesów mogą być stygnięcie odlewu lub suszenie drewna.

Można również dokonać podziału procesów produkcyjnych ze względu na to, jakie środki pracy są w nich wykorzystywane. Znajdą się tutaj procesy[17]:

- ręczne – polegające na bezpośrednim oddziaływaniu pracownika za pomocą prostych narzędzi na przedmioty pracy,

---

[14] A. Hamrol, *Strategie i praktyki sprawnego działania Lean, Six Sigma i inne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018, s. 219-220.

[15] J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy…*, op. cit., s. 29-30.

[16] K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie…*, op. cit., s. 116.

[17] Ibidem, s. 117.

- ręczno-maszynowe – wymagające od pracownika korzystania z maszyny, aby obrabiać przedmiot pracy,
- maszynowe – realizowane na maszynie, która obrabia przedmiot pracy, a pracownik pełni rolę operatora, czyli steruje maszyną roboczą,
- zautomatyzowane – polegające na programowaniu maszyn produkcyjnych oraz na monitorowaniu procesu produkcyjnego przez pracowników, którzy sprawdzają poprawność działania maszyn,
- zintegrowane komputerowo – realizowane przy użyciu zintegrowanych systemów produkcyjnych (CIM).

Przy opracowywaniu procesu technologicznego kluczowym czynnikiem jest wielkość produkcji, którą zazwyczaj określa się na jednostkę czasu, na przykład rok. Aby dokładnie określić wielkość produkcji, dzieli się ją na serie produkcyjne, dla których opracowuje się odpowiedni proces technologiczny[18]. Typ (rodzaj) produkcji określa stopień specjalizacji stanowiska roboczego i związany z nim poziom stabilności wykonywanej pracy. Stopień specjalizacji danego stanowiska pracy jest wprost proporcjonalny do liczby wykonywanych na nim operacji lub przezbrojeń. Wraz ze wzrostem liczby tych czynności, stopień specjalizacji maleje. W celu określenia typu produkcji należy wziąć pod uwagę dwa wskaźniki – współczynnik liczby operacji technologicznych lub przezbrojeń na jedno stanowisko oraz współczynnik obciążenia stanowiska roboczego. Organizacja przebiegu produkcji jest zależna od typu produkcji, który wiąże się ze specjalizacją stanowisk roboczych i poziomem stabilności pracy. Wraz z rosnącą specjalizacją stanowisk rośnie również poziom organizacji produkcji. Jednakże należy mieć na uwadze, że im wyższy poziom organizacji, tym bardziej sztywna jest produkcja i mniej elastyczna na zmiany wynikające z potrzeb klienta[19]. Inne podejście do klasyfikacji typów produkcji opiera się na charakterystyce ilościowej, a więc na określeniu stopnia powtarzalności produkcji identycznych wyrobów (seryjności). Serię produkcyjną definiuje się jako zestawienie wszystkich wyrobów wytwarzanych zgodnie z jednym, stałym wzorcem, bez względu na to, czy produkcja odbywa się w jednym okresie czasu, czy jest ona rozłożona w czasie. Natomiast partia produkcyjna to określona liczba wyrobów tego samego rodzaju (część serii), wykonanych w ramach jednego ciągu technologicznego bez przerw. W ujęciu klasycznym wyróżnia się trzy rodzaje produkcji: jednostkową, seryjną i masową.

Produkcja jednostkowa – określana również jako indywidualna, to produkcja pojedynczych, unikalnych wyrobów o indywidualnych cechach i specyfikacji, dostosowanych do wymagań klienta. Produkty mogą być wytwarzane jednorazowo lub z pewnym stopniem powtarzalności, ale ta powtarzalność zwykle występuje w nieregularnych i trudnych do przewidzenia odstępach czasu. Produkcja

[18] R. Cieślak, E. Pająk, *Projektowanie procesów…*, op. cit., s. 17.

[19] K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie…*, op. cit., s. 124-125.

jednostkowa charakteryzuje się różnorodnym asortymentem, uniwersalnym parkiem maszynowym, na którym możliwe jest wykonywanie różnorodnych operacji, a także wysoko wykwalifikowaną kadrą. W wyniku wymienionych cech w procesie produkcji mogą występować różne zjawiska, na przykład:

- długi cykl produkcyjny,
- zwiększenie nakładów pracy,
- wzrost kosztów wytwarzania,
- niskie wykorzystanie możliwości produkcyjnych.

Produkcja seryjna – polega na jednoczesnej i bezpośrednio następującej po sobie produkcji określonej liczby (partii, serii) jednakowych lub podobnych wyrobów. W zależności od liczby produkowanych sztuk wyróżnia się krótko-, średnio- i wielkoseryjną produkcję seryjną. W produkcji seryjnej mogą występować różne zjawiska, na przykład:

- zwiększenie wydajności pracowników,
- wykorzystanie potencjału produkcyjnego na wyższym poziomie,
- krótszy cykl produkcyjny,
- mniejsze zapasy produkcji w toku.

Produkcja masowa – to produkcja dużych liczb identycznych wyrobów, zwykle w skali przemysłowej. Najbardziej charakterystyczną cechą tego typu produkcji jest niezmienne obciążenie stanowisk pracy tymi samymi czynnościami przez dłuższy okres czasu. Produkcja masowa charakteryzuje się dokładnym przygotowaniem technicznym, ułożeniem stanowisk roboczych zgodnie z kolejnością biegu procesu technologicznego wyrobu, w pełni jednorodnym asortymentem oraz powtarzalnością operacji[20].

Oprócz wymienionych wcześniej rodzajów produkcji, można wyróżnić także produkcję ciągłą, która polega na nieprzerwanym przetwarzaniu surowców lub półproduktów w celu uzyskania gotowych wyrobów. Przy tego typu produkcji stosuje się ciągłe przetwarzanie surowców, co pozwala na uzyskanie dużej liczby produktów w krótkim czasie. Przykłady produkcji ciągłej to produkcja papieru, aluminium, chemikaliów, a także produkcja energii elektrycznej w elektrowniach[21].

Ściśle związana z rodzajami produkcji jest forma jej organizacji. To sposób, w jaki poszczególne elementy procesu produkcyjnego, takie jak części, zespoły lub wyroby, są przemieszczane pomiędzy stanowiskami roboczymi w cyklu produkcyjnym. Istnieją dwie główne kategorie form organizacji produkcji – nierytmiczna oraz rytmiczna.

---

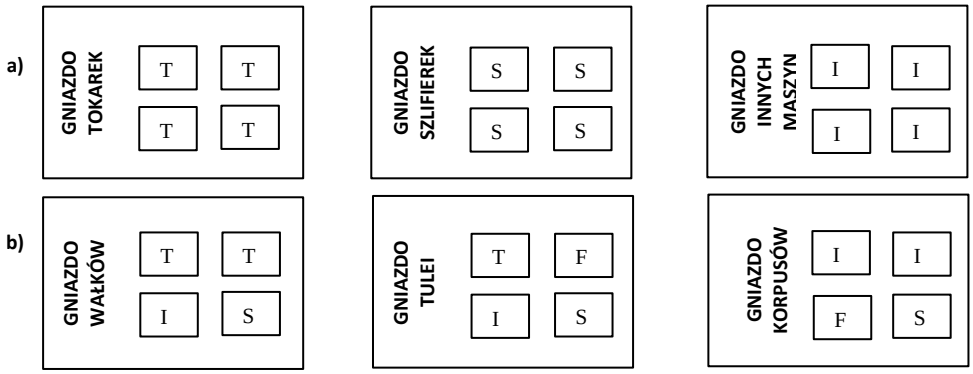
[20] R. Kozłowski, B. Liwowski, *Podstawowe zagadnienia…*, op. cit., s. 30.

[21] R. Knosala (red.), *Inżynieria produkcji…*, op. cit., s. 34.

Produkcja nierytmiczna inaczej nazywana jest jako produkcja niepotokowa, nieustabilizowana, niepowtarzalna, zmiennoseryjna lub gniazdowa. Polega na wytwarzaniu indywidualnych wyrobów na zamówienie klienta. Proces produkcyjny nie jest tu stały, a poszczególne stanowiska robocze mogą współpracować z różnymi innymi stanowiskami. Kolejność operacji technologicznych może być zmieniana w zależności od potrzeb. Taką formę organizacji produkcji najczęściej stosuje się w gniazdach technologicznych lub przedmiotowych. W produkcji nierytmicznej charakterystyczne są następujące cechy[22]:

- planowanie produkcji oparte na systemie zleceniowym,
- niski stopień specjalizacji stanowisk pracy,
- gniazdowe ustawienie maszyn,
- wysoki poziom zapasów produkcji w toku,
- wysoka podatność na szybie zmiany.

Produkcja nierytmiczna może przyjąć różne formy organizacyjne, w tym rozmieszczenie technologiczne i przedmiotowe. W przypadku rozmieszczenia technologicznego (rysunek 1.3a) podobne elementy wyposażenia są umieszczone we wspólnych lokalizacjach. Natomiast w przypadku rozmieszczenia przedmiotowego (rysunek 1.3b) całe wyposażenie potrzebne do wytworzenia produktu jest gromadzone na jednej powierzchni, niezależnie od funkcji, jakie pełni w procesie produkcyjnym[23].



Rysunek 1.3. Rozmieszczenie gniazda a) technologicznego (T-tokarki, F-frezarki, S-szlifierki, I- inne maszyny); b) przedmiotowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: R. Knosala (red.), *Inżynieria produkcji: kompendium wiedzy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2017, s. 42.

---

[22] M. Brzeziński, *Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie*, Difin, Warszawa 2013, s. 108.

[23] J. Mazurczak, I. Gania, *Badanie możliwości pogłębienia specjalizacji przedmiotowej systemów produkcyjnych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2015, nr 65, s. 88-89.

Produkcja rytmiczna inaczej nazywana jest jako produkcja potokowa, ustabilizowana, powtarzalna lub stałoseryjna. Polega na wytwarzaniu większych serii identycznych lub podobnych wyrobów, z wykorzystaniem zorganizowanego przepływu produkcji, gdzie kolejność operacji technologicznych oraz sposób przemieszczania się wyrobów między stanowiskami roboczymi są ustandaryzowane. Tego typu forma organizacji produkcji najczęściej stosowana jest w liniach produkcyjnych. W produkcji rytmicznej charakterystyczne są następujące cechy[24]:

- ściśle określony harmonogram,
- wysoki stopień specjalizacji stanowisk pracy,
- liniowe ustawienie maszyn i urządzeń produkcyjnych,
- ciągły przepływ obrabianych elementów,
- mniejsze zapasy produkcji w toku,
- mała podatność na szybkie zmiany,
- stosowanie systemów kontroli jakości na każdym etapie procesu produkcyjnego.

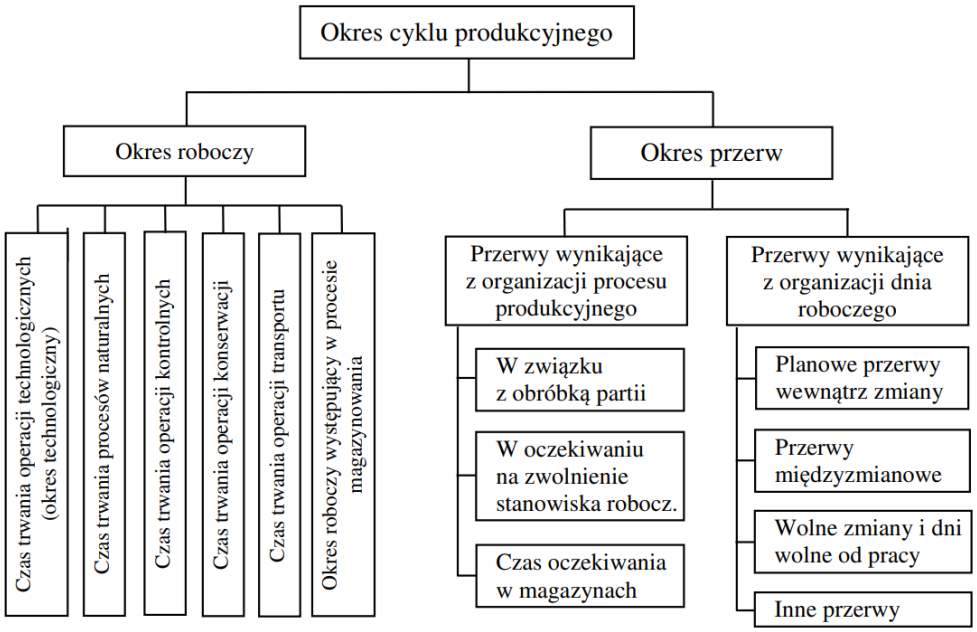
Jednym z najważniejszych parametrów organizacyjnych określających strukturę czasową procesu produkcji jest cykl produkcyjny. Można go zdefiniować jako okres czasu, który upływa od momentu rozpoczęcia procesu produkcyjnego do jego zakończenia, podczas którego surowce lub materiały wejściowe przechodzą przez wszystkie operacje w procesie produkcyjnym, aż do uzyskania gotowego wyrobu. Obejmuje on wszystkie procesy podstawowe oraz procesy pomocnicze, których zadaniem jest przygotowanie produkcji. Schemat struktury cyklu produkcyjnego zaprezentowano na rysunku 1.4. W cyklu produkcyjnym można wyróżnić dwie kategorie, takie jak okres roboczy i okres przerw. Warto zauważyć, że czas trwania operacji technologicznych jest tylko jedną ze składowych w strukturze cyklu produkcyjnego, a stosunkowo duży udział ma czas przerw.

Kolejnym parametrem procesu jest cykl wytwórczy. Odnosi się do sekwencji czynności i procesów, które są wykonywane w ramach systemu produkcyjnego w celu wytwarzania danego produktu. Określa on czas, który upływa od rozpoczęcia pierwszego procesu wytwarzania zgodnie z dokumentacją technologiczną, aż do zakończenia wszystkich procesów przewidzianych w tej dokumentacji.

Jednak ze względu na organizację procesu produkcyjnego, ważne jest właściwe ułożenie w czasie poszczególnych zadań w trakcie operacji technologicznych. Wybór sposobu przekazywania wyrobów między stanowiskami pracy podczas trwania operacji technologicznych może obejmować różne układy: szeregowy,

[24] M. Brzeziński, *Organizacja produkcji…*, op. cit., s. 110.

szeregowo-równoległy i równoległy[25,26]. Układy te można nazwać również jako harmonogram szeregowy, szeregowo-równoległy i równoległy[27].



Rysunek 1.4. Schemat struktury cyklu produkcyjnego

Źródło: A. Gola, *Analiza długości cyklu produkcyjnego partii wyrobów w kontekście bilansowania zdolności produkcyjnej systemu wytwórczego* [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, T.1, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2018, s. 421.

Szeregowy ruch wykonania partii polega na wykonywaniu poszczególnych operacji na wszystkich sztukach detali w partii, zanim przystąpi się do następnej operacji. Oznacza to, że każda sztuka detalu przechodzi przez wszystkie etapy produkcji w sekwencji, zanim jest przekazywana do kolejnego etapu. Dzięki temu, że jest to układ prosty w organizacji, jest on stosowany w przypadkach, gdy:

- czas trwania operacji w procesie jest krótki,
- produkcja odbywa się na niewielką skalę,

[25] A. Gola, *Analiza długości cyklu produkcyjnego partii wyrobów w kontekście bilansowania zdolności produkcyjnej systemu wytwórczego* [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, T.1, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2018, s. 421-422.

[26] D. Plinta, K. Radwan, *Improving material flow in a modified production system*, „Applied Computer Science" 2023, nr 19(1), s. 96.

[27] E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 221.

– proces produkcyjny składa się z prostych etapów technologicznych.

Szeregowo-równoległy ruch wykonania partii polega na przekazywaniu obrobionych detali do następnej operacji, zanim zakończy się operacja na wszystkich sztukach partii. Aby utrzymać ciągłość obróbki na poszczególnych stanowiskach roboczych, części są sukcesywnie przekazywane w tak zwanych partiach transportowych. Tak zorganizowany przebieg obróbki partii umożliwia skrócenie czasu cyklu produkcyjnego poprzez eliminację pokrywających się czasów między operacjami. Układ ten jest stosowany w przypadkach, gdy:

– plan produkcyjny obejmuje wiele zadań i procesów produkcyjnych,
– czas obróbki jest długi i zróżnicowany.

Równoległy ruch wykonania partii polega na tym, że każdy detal jest przekazywany do kolejnej operacji natychmiast po wykonaniu poprzedniej, co skutkuje tym, że jedna partia jest przetwarzana równocześnie w kilku operacjach na różnych stanowiskach roboczych. Układ ten jest stosowany w przypadkach, gdy:

– proces produkcyjny składa się z wielu etapów, a czas wymagany do wykonania każdego z nich jest istotny z punktu widzenia całego procesu produkcyjnego,
– partia jest duża i składa się z wielu detali, co wymaga równoczesnej obróbki na kilku stanowiskach roboczych,
– wymagana jest wysoka wydajność i szybkość produkcji.

Przy wyborze opisanych wcześniej układów należy uwzględnić specyfikę procesu produkcyjnego oraz wymagania co do czasu i wydajności produkcji. Ostateczny wybór powinien być oparty na analizie kosztów, możliwościach technologicznych oraz oczekiwaniach klienta co do jakości i czasu realizacji zamówienia[28].

Zapasy to kolejny istotny element w procesie produkcyjnym, a ich analiza jest niezbędna by efektywnie zarządzać produkcją i zapewnić płynność procesów produkcyjnych. Dodatkowo wydajność przedsiębiorstwa produkcyjnego zależy od efektywnego zarządzania, a także kontroli zapasów. Zatem można je zdefiniować jako zasoby różnorodnych elementów, w tym między innymi materiałów, detali, zespołów, półwyrobów i wyrobów gotowych, które są obecne na różnych etapach procesu produkcyjnego. W zależności od miejsca, w którym się znajdują oraz funkcji, jaką mają spełnić, należy wyróżnić trzy rodzaje zapasów, do których należą[29]:

– zapasy przedprodukcyjne, inaczej zaopatrzenia, które obejmują zapasy materiałowe, półwyroby i inne nabywane w handlu,

---

[28] M. Brzeziński, *Organizacja produkcji…*, op. cit., s. 68-74.

[29] Ibidem, s. 84.

- zapasy produkcyjne, czyli zapasy produkcji w toku (w literaturze można spotkać również określenie WIP, ang. *Work In Process*), są to półwyroby oczekujące na kolejne operacje cyklu produkcyjnego,
- zapasy poprodukcyjne, inaczej nazywane zbytu, które obejmują wyroby gotowe.

Idąc tym samym tokiem myślenia można wymienić inne rodzaje zapasów, takie jak materiałowe, półwyrobów i wyrobów gotowych[30].

Proces produkcji to ciągłe przemieszczanie się materiałów przez system produkcyjny, które są stopniowo przetwarzane w kolejnych etapach produkcji w wyroby gotowe. Zapasy przedprodukcyjne są przechowywane w magazynie przed rozpoczęciem procesu produkcyjnego. Jak wspomniano wyżej, obejmują one różnego rodzaju materiały, półwyroby i gotowe produkty nabyte w handlu, które są wykorzystywane do produkcji. Zapasy te są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania procesu produkcyjnego, ponieważ umożliwiają regularne dostarczanie potrzebnych elementów. Zapasami produkcji w toku nazywamy półwyroby i produkty, które znajdują się w procesie produkcji, ale nie zostały jeszcze ukończone. Można je podzielić na dwa rodzaje. Pierwszy rodzaj to zapasy wewnątrzkomórkowe, czyli te, które znajdują się bezpośrednio w komórkach produkcyjnych, w tym zapasy cykliczne (technologiczne) i zapasy pozacykliczne. Drugi rodzaj to zapasy międzykomórkowe, które powstają w wyniku nieregularnej pracy poszczególnych stanowisk w procesie produkcji. Można podzielić je na dwie podkategorie: zapasy bieżące, które są potrzebne do utrzymania ciągłości produkcji na danym stanowisku oraz zapasy rezerwowe, które służą do pokrycia nieprzewidzianych okoliczności, takich jak awarie lub nagłe zmiany zapotrzebowania. Zapasy poprodukcyjne to produkty gotowe, które są już wytworzone, ale jeszcze nie zostały odebrane przez klienta lub nie zostały przekazane do dalszej dystrybucji[31, 32]. Kontrola zapasów i zarządzanie nimi odgrywają fundamentalną rolę w spełnianiu wymagań klientów, kontrolowaniu kosztów, efektywnym planowaniu produkcji, zapewnianiu jakości i zarządzaniu przepływami finansowymi[33].

---

30 J. Czerska, *Zarządzanie zapasami dla praktyków: jak mądrze redukować zapasy w systemie Kanban i MRP*, LeanQ Team, Gdańsk 2015, s. 13.

31 J. Krystek, *Zapasy magazynowe w sterowaniu produkcją powtarzalną*, „Logistyka" 2012, nr 2, s. 821.

32 G.H. Vidal, *Deterministic and Stochastic Inventory Models in Production Systems: a Review of the Literature*, „Process Integration and Optimization for Sustainability" 2023, nr 7(1-2), s. 30-32.

33 M. Salman, M. Bhagat, N. Kumar, R. Wattal, *Role of Inventory Management and Control in A Manufacturing Company*, „International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)" 2023, nr 11 (4), s. 3836.

1.2. Charakterystyka systemów produkcyjnych

Procesy podstawowe są kluczowe dla każdego przedsiębiorstwa, ponieważ ich realizacja prowadzi do wytwarzania produktów zamówionych przez klienta. Procesy te są nazywane procesami wytwórczymi i odbywają się w ramach systemu produkcyjnego. W systemie tym może być jednocześnie prowadzonych wiele procesów produkcyjnych[34].

System produkcyjny to celowo zaprojektowany i zorganizowany zbiór zasobów, który jest wykorzystywany przez człowieka do produkcji dóbr lub usług. W jego skład wchodzą zasoby materialne, energetyczne i informacyjne, a jego celem jest przekształcanie surowców, materiałów i informacji w określone produkty lub usługi. System produkcyjny jest stosowany w różnych organizacjach, takich jak przedsiębiorstwa przemysłowe, czy jednostki usługowe. Kluczowym elementem systemu produkcyjnego jest proces produkcji, który ma na celu zaspokojenie potrzeb klientów poprzez dostarczenie wysokiej jakości produktów lub usług[35,36].

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele definicji systemu produkcyjnego[37,38,39]. Przeprowadzając analizę definicji i charakterystyk systemów produkcyjnych, można wyróżnić szereg właściwości, które je cechują[40]:

- zaprojektowane jako złożone i hierarchiczne struktury, mające na celu osiągnięcie określonych celów,
- składają się z wielu podzespołów, które pełnią różnorodne funkcje,
- składają się z elementów o różnym charakterze (materiałowych, nie materiałowych i ludzkich), które pełnią różne funkcje,
- elementy systemów produkcyjnych są wzajemnie powiązane i zintegrowane, co oznacza, że zmiany w jednym elemencie wpływają na pozostałe,
- zmieniają się w czasie i podlegają cyklom życia,
- są otwartymi systemami, co oznacza, że mogą wpływać na swoje otoczenie i podlegać jego wpływom, a także wymieniać z nim elementy,
- podlegają prawom ekonomii i są wrażliwe na zmiany społeczne.

---

34 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 108.

35 G. Kost, *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018, s. 13.

36 M. Brzeziński, *Organizacja produkcji…*, op. cit., s. 21.

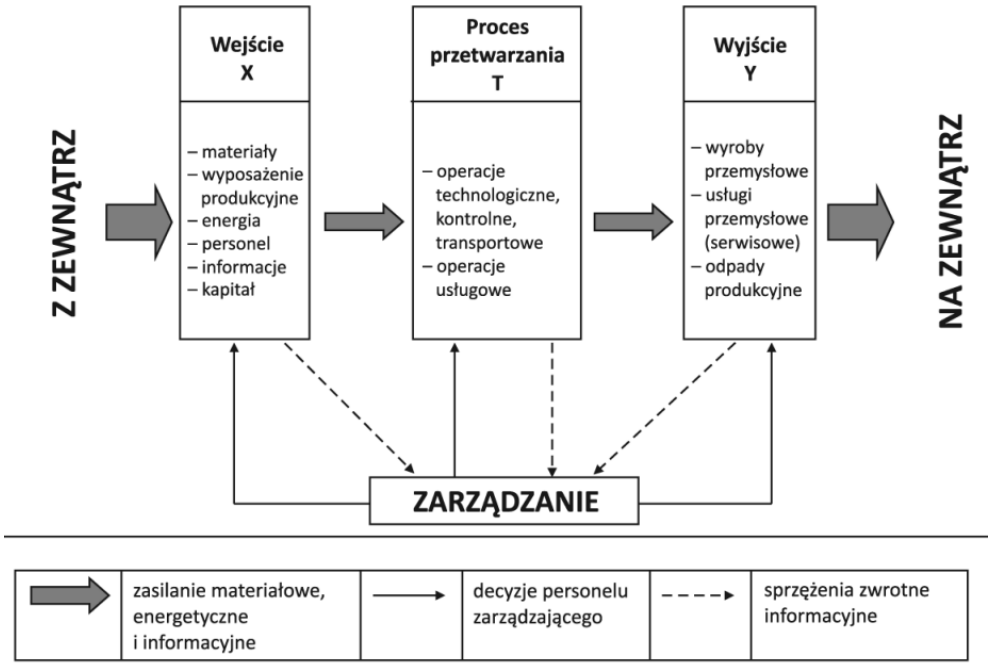
37 T. Karpiński, *Inżynieria produkcji*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2013, s. 10.

38 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 15.

39 R. Piątek, *World Class Manufacturing a Toyota Production System: porównanie systemów produkcyjnych w kontekście zrównoważonego rozwoju*, „Nowoczesne Systemy Zarządzania" 2022, nr 17(4), s. 93.

40 A. Burduk, *Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013, s. 26.

System produkcyjny składa się z różnych elementów, takich jak stanowiska robocze oraz zasoby niezbędne do jego funkcjonowania. Zasoby te obejmują między innymi techniczne środki produkcji, takie jak hale produkcyjne, budynki przemysłowe, maszyny i urządzenia. Kolejny element to materiały i surowce wykorzystywane do produkcji. Ponadto, system produkcyjny wymaga czynników energetycznych, takich jak energia elektryczna i paliwa, a także odpowiednio wykwalifikowanej kadry i dostępu do informacji. Niezwykle istotnym elementem jest również zapewnienie odpowiednich środków finansowych, które umożliwią skuteczne funkcjonowanie całego systemu[41]. Rysunek 1.5 przedstawia graficzne ujęcie uogólnionego modelu systemu produkcyjnego.



Rysunek 1.5. Uogólniony model systemu produkcyjnego

Źródło: D. Klimecka-Tatar, *Projektowanie i planowanie kierunków rozwoju innowacji procesowych i produktowych w procesie wytwarzania wybranej grupy kompozytów magnetycznych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2019, s. 11.

[41] E. Kulińska, M. Dendera-Gruszka, D. Masłowski, *Analiza ryzyka systemu produkcyjnego na podstawie wybranego przedsiębiorstwa* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Zarządzania produkcją, Opole 2018, s. 476.

Według Klimeckiej-Tatar [42] system produkcyjny składa się z dwóch tak zwanych podsystemów. Pierwszym z nich jest podsystem przetwarzania lub produkcji, który odpowiada za proces wytwarzania produktów lub usług. Drugi to podsystem zarządzania, który obejmuje kierowanie i koordynację procesami produkcyjnymi oraz zapewnienie odpowiednich zasobów i środków produkcji. W ramach podsystemu zarządzania występują także sprzężenia informacyjne, które pozwalają na gromadzenie, przetwarzanie i wykorzystanie danych dotyczących procesów produkcyjnych oraz ich optymalizację. Podsystemy te są ze sobą ściśle powiązane i wpływają na siebie nawzajem.

Podsystem przetwarzania lub produkcji, jako jeden z dwóch głównych podsystemów systemu produkcyjnego, składa się z trzech obszarów, do których należą:

1) Wektor wejścia X (Input) – przed rozpoczęciem każdego procesu produkcyjnego (przetwarzania), konieczne jest zapewnienie odpowiednich zasobów, które zostaną wykorzystane w trakcie jego realizacji. Wśród tych zasobów znajdują się czynniki produkcji, czyli elementy niezbędne do przeprowadzenia procesu. To różnego rodzaju zasoby, takie jak surowce, maszyny, ludzie, energia i wiedza, które muszą być dostępne i wykorzystane w sposób właściwy, aby umożliwić produktywny proces i osiągnięcie założonych celów produkcyjnych.
2) Proces przetwarzania X→Y, który stanowi kluczową część omawianego podsystemu. Na proces przetwarzania składają się operacje mechaniczne, chemiczne i ręczne, których celem jest przekształcenie wektora wejścia w wektor wyjścia oraz działania wspierające. Obejmują procesy związane z planowaniem i organizacją produkcji, zaopatrzeniem w surowce i materiały, magazynowaniem produktów, kontrolą jakości i innymi czynnościami uzupełniającymi proces przetwarzania.
3) Wektor wyjścia Y (Output) – po zakończeniu procesu produkcyjnego, otrzymuje się gotowe wyroby lub usługi. Oprócz pożądanych produktów końcowych, proces produkcji może także generować odpady produkcyjne (szkodliwe dla środowiska), wyroby wybrakowane i surowce, które można wykorzystać ponownie. Istotnym elementem są także informacje dotyczące jakości wyrobu, kosztów jego produkcji oraz wiedza i doświadczenie zdobyte podczas procesu produkcyjnego.

Drugim podsystemem w systemie produkcyjnym jest podsystem zarządzania, który obejmuje:

1) procesy i mechanizmy zarządzania całym systemem,

---

[42] D. Klimecka-Tatar, *Projektowanie i planowanie kierunków rozwoju innowacji procesowych i produktowych w procesie wytwarzania wybranej grupy kompozytów magnetycznych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2019, s. 11.

2) sprzężenia informacyjne, materialne i energetyczne między wymienionymi wcześniej elementami systemu produkcyjnego.

System produkcyjny to kompleksowy układ składający się z wielu elementów, które są połączone i oddziałują na siebie wzajemnie. Procesy produkcyjne stanowią centralny element systemu produkcyjnego, zapewniając połączenie między wektorami wejścia i wyjścia oraz wzajemne sprzężenia informacyjne, materiałowe i energetyczne między nimi. Elementy systemu produkcyjnego stanowią integralną całość. W zależności od hierarchii i stopnia złożoności, każdy z tych elementów może być traktowany jako podrzędny system. Przedsiębiorstwa lub oddziały mogą wyodrębniać systemy produkcyjne zgodnie z ich celami i potrzebami[43]. Ze względu na funkcjonowanie przedsiębiorstwa, możliwe jest również wyodrębnienie innych podsystemów:

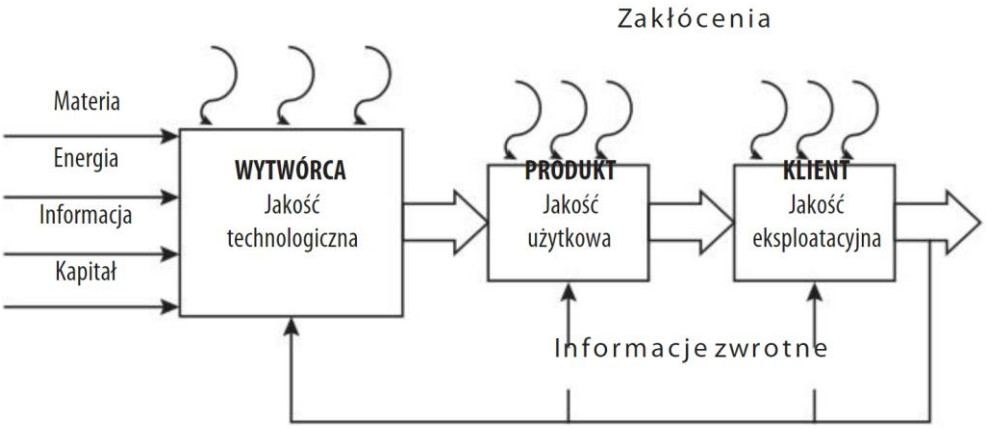
- technicznego, składającego się z powiązanych ze sobą środków produkcji, odpowiadającego za zapewnienie efektywnego wykorzystania zasobów technicznych w procesie produkcyjnym, takich jak maszyny, urządzenia, narzędzia oraz materiały i surowce,
- technologicznego, odpowiadającego za cały proces przetwarzania czynników produkcji w gotowe produkty lub usługi, w tym wykorzystanie odpowiednich narzędzi, maszyn, procesów technologicznych i działań kontrolnych,
- organizacyjnego (zarządzania), który definiuje struktury i procesy zachodzące w ramach przedsiębiorstwa, zapewniając właściwą organizację pracy, przepływ informacji i koordynację działań,
- ekonomicznego, obejmującego procesy kształtujące wartość i aspekty finansowe systemu produkcyjnego,
- zarządzania, obejmującego procesy związane z działaniami ludzkimi, które dotyczą funkcji operacyjnych, taktycznych i strategicznych systemu produkcyjnego.

Celem każdego z podsystemów jest realizacja określonych funkcji, które mają przyczynić się do osiągnięcia głównego celu systemu produkcyjnego, czyli produkcji. Wraz z rosnącą konkurencją na rynku, producenci nie mogą już jedynie skupiać się na produkcji towarów, ale muszą poświęcać równie dużo uwagi na sprzedaż i marketing. Konkurencja wymusza bowiem na przedsiębiorstwach nie tylko skuteczne i efektywne wytwarzanie produktów, ale również odpowiednie ich promowanie i dystrybucję na rynku, tak aby klienci wybierali je spośród innych dostępnych opcji. W związku z tym, aby odnieść sukces na współczesnym rynku, przedsiębiorstwa muszą równoważyć cele produkcyjne z celami sprzedażowymi i marketingowymi. Przedsiębiorstwa produkcyjne muszą sprostać rosnącym wymaganiom klientów, którzy oczekują niższych cen, wyższej jakości produktów

[43] W. Kubiński, *Inżynieria i technologie produkcji* (wydanie zmienione, poszerzone), Wydawnictwo AGH, Kraków 2017, s. 264.

oraz szerszego asortymentu. W związku z tym, muszą podejmować nowe wyzwania, takie jak skracanie czasu technicznego przygotowania produkcji, czasu realizacji zamówień oraz cykli produkcyjnych, a także zmniejszanie kosztów produkcji. System produkcyjny musi dostosowywać swoją organizację i działania, tak aby spełnić wymagania rynku, zapewniając przy tym odpowiednie funkcjonowanie przedsiębiorstwa[44]. W każdym przypadku jest on złożonym zespołem elementów, które wzajemnie oddziałują i wpływają na jego funkcjonowanie[45].

W systemie produkcyjnym procesy technologiczne są realizowane w taki sposób, aby w wyniku kolejnych etapów (operacji technologicznych) wyrób osiągnął wymaganą jakość technologiczną. Procesy montażowe są kluczowe dla wytwarzania wyrobów o złożonej konstrukcji, takich jak na przykład maszyny. Poprzez odpowiednie ukształtowanie i połączenie poszczególnych elementów, montaż prowadzi do powstania gotowego produktu o wymaganej jakości użytkowej. Gdy produkt zostaje dostarczony do klienta i poddany użytkowaniu w zróżnicowanych warunkach, ujawnia się jego jakość eksploatacyjna. Producent powinien wykorzystywać informacje zwrotne od klientów i serwisantów, dotyczące jakości użytkowej wyrobu, aby wprowadzać niezbędne usprawnienia i zwiększać jego jakość technologiczną oraz eksploatacyjną[46] (rysunek 1.6).



Rysunek 1.6. Kształtowanie jakości produktu w procesie wytwarzania i eksploatacji

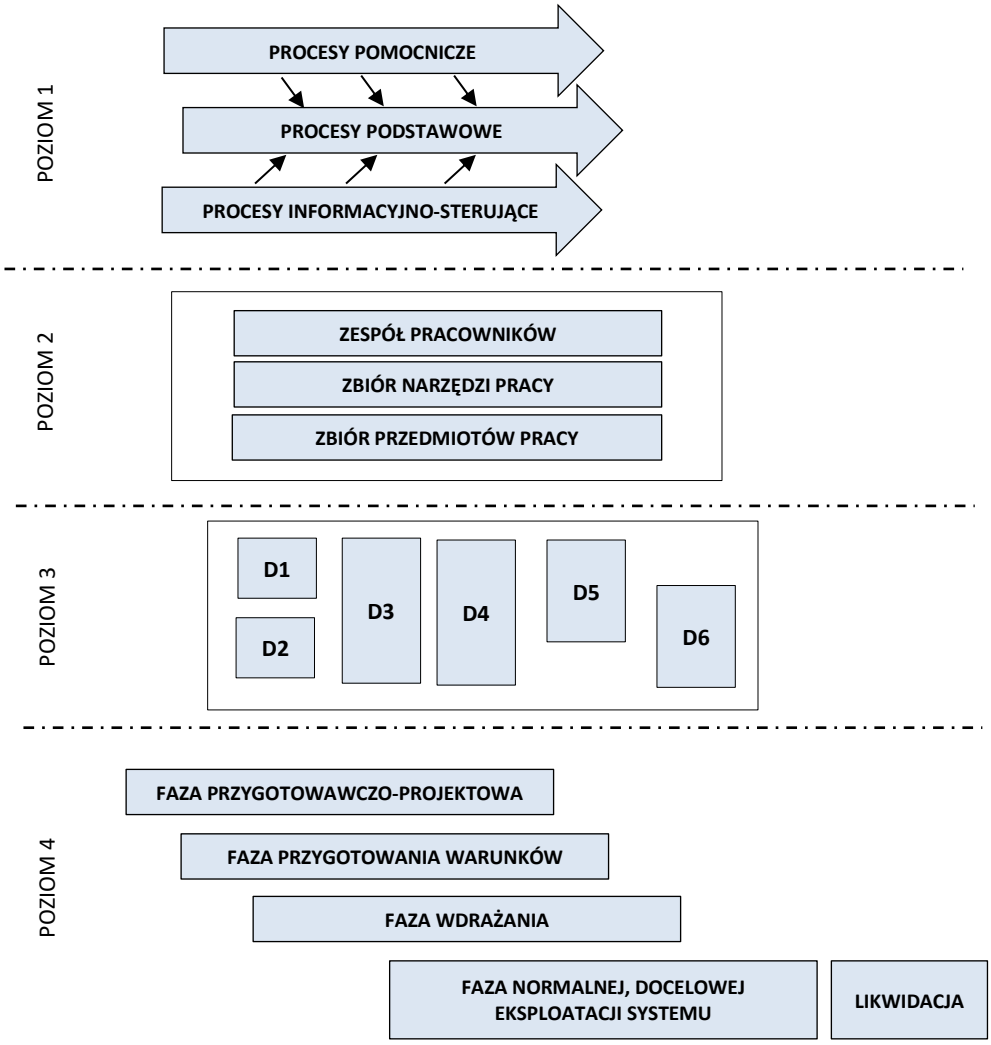
Źródło: J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy produkcyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013, 2021, s. 18.

[44] M. Brzeziński, *Organizacja produkcji…*, op. cit., s. 21.

[45] D. Klimecka-Tatar, *Projektowanie i planowanie*…, op. cit., s. 12.

[46] J. Gawlik, J. Plichta, A. Świć, *Procesy…*, op. cit., s. 17.

Dekompozycja systemu produkcyjnego polega na jego podzieleniu na mniejsze części składowe, które razem tworzą złożoną strukturę zaprojektowaną do realizacji określonych celów produkcyjnych. Celem dekompozycji jest lepsze zrozumienie działania systemu oraz ułatwienie zarządzania jego poszczególnymi elementami. Na rysunku 1.7 zobrazowano graficznie dekompozycję (podział) systemu produkcyjnego.



Rysunek 1.7. Dekompozycja systemu produkcyjnego

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Brzeziński, *Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie*, Difin, Warszawa 2013, s. 18.

System produkcyjny można podzielić na cztery poziomy, z których pierwszy to podział systemu na procesy ze względu na ich wpływ na realizację celów i zadań systemu. Procesy te można podzielić na: podstawowe, pomocnicze i zarządcze, co zostało szczegółowo opisane w podrozdziale 1.1.

Drugi poziom systemu produkcyjnego dotyczy czynników produkcji, a mianowicie zespołu pracowników, narzędzi pracy oraz przedmiotów pracy. Czynniki te są składnikami podsystemów realizujących poszczególne procesy produkcyjne na pierwszym poziomie systemu. Pracownicy, którzy wykonują pracę, wykorzystują narzędzia, takie jak maszyny, narzędzia ręczne czy urządzenia, aby przetworzyć surowce i materiały w produkty. Przedmioty pracy, czyli surowce i materiały, stanowią surowiec wyjściowy dla procesów produkcyjnych.

Trzeci poziom systemu produkcyjnego dotyczy podziału systemu wytwórczego na wyodrębnione części, czyli działy produkcyjne, produkcyjno-administracyjne oraz działy informacyjne. Podział ten odbywa się w określonym układzie hierarchii i jest realizowany na podstawie określonych kryteriów specjalizacji. Działy produkcyjne to podsystemy skupiające pracowników oraz zasoby narzędzi i przedmiotów pracy, które umożliwiają wykonanie określonego procesu produkcyjnego. Dział produkcyjno-administracyjny odpowiada za koordynację pracy poszczególnych działów produkcyjnych oraz za obsługę administracyjną całego systemu, zaś działy informacyjne zapewniają zarządzanie przepływem informacji pomiędzy poszczególnymi częściami systemu produkcyjnego.

Ostatni poziom systemu produkcyjnego dotyczy pięciu głównych faz jego rozwoju i wdrażania przedsięwzięć oraz innowacji. Pierwsza faza to programowanie rozwoju, działalność przygotowawczo-projektowa oraz planowanie produkcji. W drugiej fazie procesu produkcyjnego uwaga skupia się na przygotowaniu odpowiednich warunków oraz zasobów niezbędnych do wdrożenia procesów produkcyjnych zaprojektowanych na poziomie pierwszym. Trzecia faza polega na realizacji wdrożenia zaprojektowanego systemu wytwórczego. W czwartej fazie, czyli w trakcie normalnej eksploatacji systemu, kluczowym wyzwaniem jest skuteczne kierowanie i kontrolowanie funkcjonowania całego systemu produkcyjnego. Ostatnią fazą jest zakończenie eksploatacji systemu i jego likwidacja, która zazwyczaj pokrywa się czasowo z początkowymi etapami wdrażania nowego systemu produkcyjnego[47].

Przedsiębiorstwa dążą do osiągnięcia zysku, który jest jednym z najważniejszych celów ich działalności. Osiągnięte zyski, przychody i koszty podlegają ciągłym zmianom, zależnym od wielu czynników związanych

[47] M. Brzeziński, *Organizacja produkcji…*, op. cit., s. 18-21.

z funkcjonowaniem systemu produkcyjnego. Dlatego przed projektowaniem i budowaniem systemów produkcyjnych stawia się trzy główne cele[48]:

1. Zmniejszenie kosztów produkcji.
2. Zwiększenie produktywności.
3. Uzyskanie produktów wysokiej jakości.

Powyższe rozważania należy rozszerzyć o dodatkowy cel jakim jest elastyczność produkcji różnorodnych wyrobów przy równoczesnym dążeniu do minimalizacji kosztów produkcji[49]. Elastyczność produkcji jest rozumiana jako zdolność systemu produkcyjnego do szybkiego wytwarzania różnych pozycji asortymentu przy stałej jakości[50].

W organizacji produkcji, zdolność produkcyjna jest kluczowym czynnikiem umożliwiającym określenie potencjału produkcyjnego przedsiębiorstwa. Zdolność produkcyjna to pojęcie odnoszące się do maksymalnej liczby wyrobów lub usług, jakie przedsiębiorstwo jest w stanie wytworzyć w określonym czasie, przy zachowaniu odpowiednich standardów jakości oraz optymalnego wykorzystania zasobów produkcyjnych, a także efektywnych metod wytwarzania. W systemie produkcyjnym, ocena zdolności produkcyjnej najczęściej obejmuje analizę zarówno urządzeń technologicznych, jak i zasobów ludzkich, szczególnie operatorów tych urządzeń. Jest to proces ciągły i nieustanny. Doskonalenie metod wytwarzania, modernizacji, ulepszania konstrukcji oraz wymiany maszyn może wpływać na wzrost tego wskaźnika. Można wyróżnić trzy poziomy zdolności produkcyjnej w przedsiębiorstwie, które są zależne od czasu i szczebla zarządzania:

1. Zdolność potencjalna – to maksymalny poziom produkcji, który można osiągnąć przy optymalnych warunkach wykorzystania posiadanych zasobów.
2. Zdolność aktualna – to część zdolności potencjalnej pomniejszona o rezerwę zdolności produkcyjnej (zazwyczaj o 5%) na wypadek wystąpienia, na przykład awarii lub nieobecności pracownika.
3. Zdolność efektywna – odzwierciedla realne możliwości systemu produkcyjnego w przyjętym okresie planistycznym, jednak nie uwzględnia remontów maszyn i innych przewidywanych okoliczności.

---

[48] A. Horzela, J. Semrau, *Analiza wybranych zagadnień związanych z procesami logistycznymi i produkcyjnymi*, I Konferencja Naukowa Forum Inżynierów Przyszłości, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020, s. 87-88.

[49] A. Gola, *Analiza konfiguracji systemów wytwórczych w aspekcie bilansowania zdolności produkcyjnej*, „Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy" 2018, nr 29(4), s. 260.

[50] O. Moerth-Teo, G. Schlögla, M.A Hadi, M. Brillinger, M. Weinzerl, Ch. Ramsauer, *Production Resource Flexibility Assessment: Case Studies in the Automotive Industry*, „Management and Production Engineering Review" 2022, 13(3), s. 20.

Celem bilansu zdolności produkcyjnej jest dokonanie analizy zestawienia potencjału systemu produkcyjnego do produkcji wyrobów w odniesieniu do zapotrzebowania klientów, a dokładnie z pracochłonnością zamówień. Bilans powinien być opracowany dla określonej grupy stanowisk roboczych, na przykład dla wszystkich tokarek będących częścią zasobów systemu produkcyjnego, które mogą być użyte do realizacji danego zlecenia. Odnosi się on do określonego okresu planistycznego, który obejmuje konkretne jednostki terminowania (w zależności od czasu realizacji zamówienia mogą wynosić minutę, godzinę lub miesiąc). Na jego podstawie możliwe jest sporządzenie wykresów obciążeń poszczególnych stanowisk roboczych, co umożliwia osobom zarządzającym produkcją sterowanie zdolnością produkcyjną na tych stanowiskach. Analizując obciążenia stanowisk pracy oraz dostępnych ich rezerw zdolności produkcyjnych, możliwe jest wprowadzanie korekt poprzez przesuwanie realizacji zleceń (lub partii zleceń) na wcześniejsze lub późniejsze, tak zwane jednostki terminowania.

Aby ocenić zdolność produkcyjną oraz przygotować wykresy obciążeń stanowisk roboczych, konieczne jest ustalenie jednoznacznego miernika zdolności produkcyjnej. Choć naturalnym miernikiem jest czas, który odzwierciedla dostępność obrabiarek/maszyn oraz czas potrzebny na realizację zamówień klientów, istnieją również inne przydatne mierniki zdolności produkcyjnej. Przykładami takich mierników mogą być wskaźnik produktywności lub wydajność[51].

Jednym z podstawowych wskaźników służących do oceny funkcjonowania systemów produkcyjnych jest produktywność rozumiana jako określenie relacji pomiędzy wynikami osiągniętymi z procesu produkcyjnego, a kosztami poniesionymi w związku z jego przeprowadzeniem w danym okresie (relacja efektów do nakładów)[52]. To miara efektywności wykorzystania różnych czynników produkcji, takich jak techniczne środki produkcji, materiały i półprodukty, energia oraz informacje. Produktywność systemów produkcyjnych zależy przede wszystkim od poziomu technologicznego produkcji, sposobu organizacji i zarządzania procesem produkcyjnym, kwalifikacji pracowników oraz inwestycji kapitałowych. Zmiany w tych obszarach, w tym w sferze projektowania i eksploatacji systemów produkcyjnych, mają bezpośredni wpływ na produktywność. Niski poziom produktywności generuje wysokie koszty produkcji, co często skutkuje wzrostem cen produktów. Z drugiej strony, osiągnięcie wyższej produktywności prowadzi do obniżenia kosztów produkcji, zwiększenia wyników produkcyjnych oraz zysków. Ze względu na to, że produktywność jest pojęciem uniwersalnym, osoba zarządzająca ma swobodę w dostosowywaniu wskaźnika w zależności od potrzeb.

---

51 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 206-209.

52 W. Kubiński, *Inżynieria i technologie…*, op. cit., s. 265-266.

Celem tego działania jest uzyskanie prostych i jasnych informacji, na przykład sumy przychodów ze sprzedaży do liczby zatrudnionych pracowników[53].

Kolejnym miernikiem oceny zdolności produkcyjnej jest wydajność. To miara maksymalnej liczby produktów, które są prawidłowo wykonane zgodnie z wymaganiami w danym czasie. Wartość tego wskaźnika jest uzależniona od charakteru produktu, a szczególnie od jego stopnia skomplikowania. W przypadku produktów o prostych i standardowych specyfikacjach, wydajność może być wysoka, ponieważ proces produkcji jest łatwiejszy do powtarzania i realizowania. Jednak w przypadku bardziej skomplikowanych produktów, wymagających większej precyzji wykonania lub zaawansowanych procesów produkcyjnych, wydajność może być niższa[54].

W kontekście sterowania zdolnością produkcyjną istotnym aspektem jest dostosowanie miernika zdolności produkcyjnej do planu produkcji, który odzwierciedla aktualny popyt na produkty. W tym celu należy efektywnie zarządzać przede wszystkim dwoma kluczowymi zasobami, czyli środkami produkcji oraz pracownikami. Kontrolowanie tych zasobów umożliwia optymalne dostosowanie zdolności produkcyjnej do dynamicznych wymagań wynikających z planu produkcji i aktualnej sytuacji na rynku. Możliwym sposobem sterowania środkami produkcji jest grupowanie wyrobów w tak zwane rodziny produktów technologicznie podobnych. Natomiast sterowanie długookresową zdolnością produkcyjną skupia się głównie na planowaniu zakupu i wymianie środków produkcji, w tym stosowaniu uniwersalnych urządzeń technologicznych o wysokiej wydajności, umożliwiających realizację różnorodnych operacji technologicznych. Sterowanie drugim zasobem, a dokładnie pracownikami, polega na dążeniu do równoważenia ich obciążeń, głównie poprzez zwiększanie ich kompetencji. Jednym ze skutecznych narzędzi w tym zakresie jest macierz kompetencji, która pozwala na identyfikację obecnych umiejętności pracowników oraz określenie obszarów, w których mogą potrzebować dalszego rozwoju. Dzięki temu możliwe jest efektywne dopasowanie pracowników do zadań, uwzględniając ich kompetencje i potencjał. Należy jednak pamiętać, że jest to narzędzie skoncentrowane głównie na krótkoterminowym rozwiązaniu i znajduje największe zastosowanie przede wszystkim w wykonywaniu prostych zadań. Techniczne sposoby sterowania zdolnością produkcyjną systemów produkcyjnych dotyczą głównie procesów podstawowych i pomocniczych. Usprawnienie ich zwiększa możliwości systemu produkcyjnego, na przykład poprzez podniesienie wydajności lub zmniejszenie kosztów poprzez eliminację marnotrawstwa. Usprawnianie pojedynczych procesów prowadzi do zmian w obciążeniach środków produkcji. Jednakże, usprawnianie poszczególnych

---

53 Ibidem, s. 266 .

54 O. Csiki, K. Semeter, D. Losonci, *How to improve firm performance? – The role of production capabilities and routines*, „International Journal of Operations & Production Management" 2023, 43(12), s. 3-5.

procesów może prowadzić do powstawania wąskich gardeł, które stanowią ograniczenie dla całego systemu produkcyjnego. Wąskie gardła są miejscami, gdzie przepustowość lub wydajność jest ograniczona, powodując, że stanowisko pracy staje się potencjalnym ograniczeniem dla reszty systemu produkcyjnego. Oznacza to, że tempo produkcji na tym konkretnym stanowisku jest niższe niż w innych częściach systemu, co powoduje opóźnienia i przestoje w przepływie produkcji. Warto dodać, że efektywne zarządzanie zdolnością produkcyjną polega na maksymalnym jego dostosowaniu do planu produkcji. W takich sytuacjach napotyka się na ograniczenia związane z obciążeniem poszczególnych stanowisk, czyli wąskie gardła. Aby osiągnąć efektywne sterowanie zdolnością produkcyjną, kluczowe jest identyfikowanie wąskich gardeł oraz podejmowanie odpowiednich działań mających na celu ich wyeliminowanie lub optymalne zarządzanie nimi. Jest to niezwykle istotne w kontekście zapewnienia płynności przepływu produkcji oraz minimalizacji opóźnień w systemie produkcyjnym[55].

1.3. Otoczenie systemu produkcyjnego

Otoczenie systemu produkcyjnego wywiera istotny wpływ na sposób, w jaki ten system funkcjonuje i osiąga swoje cele. Można je opisać jako dwustopniowe, co oznacza, że składa się z dwóch głównych poziomów wpływu na system produkcyjny[56,57]:

1) otoczenie pierwszego stopnia – nazywane również jako otoczenie wewnętrzne, bliższe, aktywne; bezpośrednio oddziałuje na system produkcyjny i jest tworzone przez same przedsiębiorstwo, w ramach którego ten system funkcjonuje,
2) otoczenie drugiego stopnia – nazywane również jako otoczenie zewnętrzne, dalsze, pasywne lub globalne; odnosi się zazwyczaj do gospodarki kraju lub regionu, w którym przedsiębiorstwo funkcjonuje, składa się z czynników znajdujących się poza obszarem bezpośredniego wpływu przedsiębiorstwa.

Otoczenie systemu produkcyjnego ma istotny wpływ na jego funkcjonowanie, jednak sam system nie wywiera bezpośredniego wpływu na otoczenie[58]. Rysunek 1.8 przedstawia graficzne ujęcie funkcjonowania systemu produkcyjnego w otoczeniu dwustopniowym. W ramach otoczenia pierwszego stopnia, wpływ na system produkcyjny mają następujące czynniki[59]:

---

55 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 210-212.

56 B. Zakrzewski, D. Zakrzewska, *Przedsiębiorstwo produkcyjne i procesy realizowane w sferze produkcji*, „Logistyka" 2014, nr 3, s. 6970.

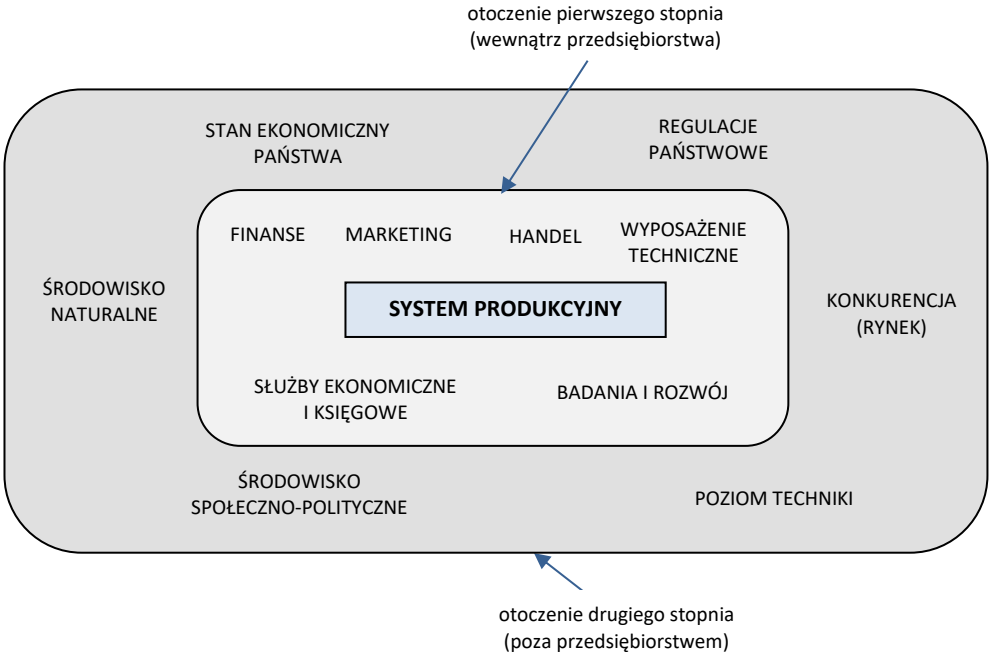
57 D. Klimecka-Tatar, *Projektowanie i planowanie…*, op. cit., s. 12.

58 W. Kubiński, *Inżynieria i technologie…*, op. cit., s. 265.

59 B. Zakrzewski, D. Zakrzewska, *Przedsiębiorstwo produkcyjne…*, op. cit., s. 6970.

- zasoby finansowe przedsiębiorstwa,
- strategia marketingowa i sprzedażowa wdrażana przez przedsiębiorstwo (obsługa klienta),
- poziom techniki produkcji,
- zadania realizowane przez dział ekonomiczny i księgowy,
- postęp prac badawczo-rozwojowych dotyczących projektowania, konstruowania produktów, metod produkcji oraz organizacji procesu produkcyjnego.

Dodatkowo obszar ten można uzupełnić o czynniki dotyczące organizacji gospodarki magazynowej i zaopatrzenia, obsługi klienta oraz pracowników[60].



Rysunek 1.8. Dwupoziomowe otoczenie systemu produkcyjnego

Źródło: opracowanie własne na podstawie B. Zakrzewski, D. Zakrzewska, *Przedsiębiorstwo produkcyjne i procesy realizowane w sferze produkcji*, „Logistyka" 2014, nr 3, s. 6970.

W odniesieniu do otoczenia drugiego stopnia, istnieje wiele czynników, które mają wpływ na funkcjonowanie systemu produkcyjnego. Są to[61]:

[60] S. Widłok, *Planowanie produkcji i dystrybucji*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2016, s. 18.

[61] B. Zakrzewski, D. Zakrzewska, *Przedsiębiorstwo produkcyjne…*, op. cit., s. 6971.

- stan ekonomiczny państwa – obejmujący regulacje ekonomiczne, kondycję gospodarczą, system podatkowy i system celny, warunki panujące w systemie bankowym,
- regulacje państwowe – obejmujące przepisy dotyczące prawa, podatków, ceł, traktatów handlowych, uczestnictwo w organizacjach międzynarodowych i inne aspekty regulacyjne,
- konkurencja (rynek) – natężenie i możliwości konkurentów, poziom cen, trendy, sprzedaż, użytkownicy produktów i usług oraz odbiorcy,
- poziom techniki – obejmujący poziom zaawansowania produkcji, techniki dystrybucji i obsługi serwisowej, nowe technologie, inżynierię materiałową oraz ekosystem,
- środowisko społeczno-polityczne – obejmujące edukację społeczeństwa, poziom kwalifikacji zawodowych, umiejętności pracy, sytuację na rynku pracy, ogólny poziom wykształcenia, kulturę organizacyjną, system wartości oraz etykę zawodową.
- środowisko naturalne – w tym dostęp do zasobów, odkrywanie nowych źródeł, eksploracja nowych możliwości, dynamika cen i kosztów.

Otoczenie drugiego stopnia można uzupełnić także o poziom wynagrodzeń pracowników i inne mechanizmy motywacyjne[62].

Otoczenie systemu produkcyjnego, które obejmuje zarówno stabilne czynniki wchodzące w skład otoczenia pierwszego i drugiego stopnia, tworzy korzystne warunki dla skutecznej przemiany surowców wchodzących w skład finalnych produktów. Ze względu na złożoność procesów produkcyjnych składających się na ten system, konieczne jest posiadanie zdolności do elastycznego, szybkiego i precyzyjnego podejmowania decyzji oraz działań. Odpowiednie warunki otoczenia są kluczowe dla zapewnienia płynnego przebiegu operacji, a także umożliwiają dostosowanie się i reagowanie na zmienne wymagania rynkowe[63].

Efektywność funkcjonowania systemu produkcyjnego jest determinowana przez czynniki z otoczenia stopnia pierwszego i drugiego. W odniesieniu do systemu i jego otoczenia, można sformułować trzy założenia mające na celu wyjaśnienie tych zależności[64]:

- porównywanie zbliżonych systemów produkcyjnych, bez wcześniejszego uwzględnienia istotnego wpływu otoczenia każdego poziomu może prowadzić do błędnych ocen i wniosków,

---

62 S. Widłok, *Planowanie…*, op. cit., s. 19.

63 E. Kulińska, M. Dendera-Gruszka, D. Masłowski, *Analiza ryzyka systemu..*, op. cit., s. 477.

64 D. Klimecka-Tatar, *Projektowanie i planowanie…*, op. cit., s. 13.

- sprawne funkcjonowanie systemów produkcyjnych możliwe jest jedynie w przypadku, gdy działają w identycznym lub zbliżonym otoczeniu systemowym,
- w celu uzyskania pożądanego efektu produkcyjnego w analizowanym systemie, otoczenie bliższe i dalsze powinno być podobne pod względem swoich parametrów funkcjonowania i posiadać zbieżne cele.

Podczas planowania i projektowania systemów produkcyjnych konieczne jest uwzględnienie wpływu i ryzyka związanego z otoczeniem zarówno bliższym (pierwszego stopnia), jak i dalszym (drugiego stopnia). Należy brać pod uwagę zarówno czynniki bezpośrednio związane z przedsiębiorstwem, jak i czynniki wychodzące poza jego obszar, które mogą mieć istotny wpływ na funkcjonowanie systemu. Właściwa analiza i ocena oddziaływania otoczenia są kluczowe dla identyfikacji potencjalnych zagrożeń, dostosowania strategii działania oraz podejmowania odpowiednich działań mających na celu minimalizację ryzyka i zwiększenie efektywności systemu produkcyjnego[65].

Poprawne funkcjonowanie przedsiębiorstwa w jego otoczeniu zależy od dwustronnych relacji pomiędzy nimi. Przedsiębiorstwo musi zaspokajać potrzeby otoczenia, jednocześnie oczekując, że otoczenie będzie odpowiadać na jego potrzeby. Przedsiębiorstwo istnieje w konkretnym otoczeniu, które może być zarówno społeczne, jak i gospodarcze, kulturowe, ekologiczne, czy prawne. Otoczenie dostarcza przedsiębiorstwu na przykład zasobów takich jak surowce, kapitał, siła robocza, technologie), a także kształtuje regulacje prawne, trendy konsumenckie, konkurencję i wiele innych czynników. Z drugiej strony, przedsiębiorstwo wpływa na swoje otoczenie poprzez działania i decyzje jakie podejmuje. Przedsiębiorstwo zaspokaja potrzeby otoczenia, dostarczając produkty lub usługi, które są pożądane przez klientów. Tworzy miejsca pracy, generuje dochody, płaci podatki i może mieć wpływ na rozwój lokalnej społeczności. Jednocześnie przedsiębiorstwo posiada swoje potrzeby i oczekiwania wobec otoczenia. Może to obejmować dostęp do rynków zbytu, stabilne ramy prawne, wsparcie instytucji finansowych, innowacyjne rozwiązania czy korzystne warunki konkurencyjne. Zaspokajanie potrzeb zarówno otoczenia przez przedsiębiorstwo, jak i potrzeb przedsiębiorstwa przez otoczenie, jest kluczowym elementem harmonijnego i zrównoważonego funkcjonowania. Przedsiębiorstwo utrzymuje interakcje z otoczeniem nie tylko poprzez pobieranie zasobów i informacji na wejściu, ale także poprzez oddawanie produktów, usług lub innych efektów swojej działalności na wyjściu. Istnieje wzajemna zależność między przedsiębiorstwem, a jego otoczeniem, co oznacza, że przedsiębiorstwo wpływa na otoczenie poprzez wyjście, a jednocześnie jest poddawane wpływom otoczenia poprzez wejście[66].

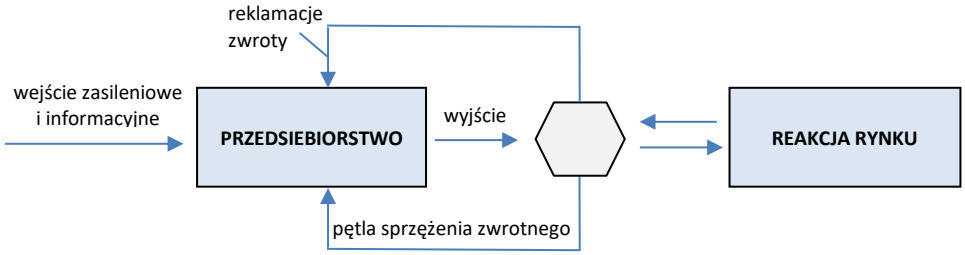
---

[65] Ibidem, s. 12.

[66] B. Zakrzewski, D. Zakrzewska, *Przedsiębiorstwo produkcyjne…*, op. cit., s. 6970.

Przedsiębiorstwo funkcjonuje jako układ względnie odosobniony, co oznacza, że ma określone granice oddzielające je od swojego otoczenia, ale jednocześnie jest jego częścią i na nie oddziałuje. Przez kanał wejścia przedsiębiorstwo pobiera surowce, informacje, kapitał, siłę roboczą, itp., które są niezbędne do prowadzenia jego działalności. Natomiast przez kanał wyjścia dostarcza do otoczenia produkty, usługi i inne rezultaty swojej pracy.

Ważną cechą układu jest obecność kanału sprzężenia zwrotnego, który umożliwia przepływ informacji, opinii, reakcji i efektów działalności między przedsiębiorstwem a jego otoczeniem. Dzięki temu, na podstawie informacji zwrotnych od otoczenia, przedsiębiorstwo może monitorować, oceniać i dostosowywać swoje działania do rzeczywistych potrzeb, co jest istotne dla adaptacji do zmieniających się warunków, zapewnienia jakości, innowacji czy też zaspokajania oczekiwań klientów. Kanał sprzężenia zwrotnego stanowi istotny element komunikacji i wzajemnych relacji między przedsiębiorstwem a jego otoczeniem, umożliwiając dynamiczne oddziaływanie i dostosowanie się do wymagań oraz zmian zachodzących na rynku i w otoczeniu gospodarczym. Rysunek 1.9 przedstawia graficzne ujęcie przepływu zasobów oraz informacji pomiędzy przedsiębiorstwem a jego otoczeniem.



Rysunek 1.9. Przedsiębiorstwo jako układ względnie odosobniony

Źródło: opracowanie własne na podstawie B. Zakrzewski, D. Zakrzewska, *Przedsiębiorstwo produkcyjne i procesy realizowane w sferze produkcji*, „Logistyka" 2014, nr 3, s. 6971.

Podmioty gospodarcze, zarówno w swoim wewnętrznym, jak i zewnętrznym otoczeniu, są narażone na ryzyko, które może mieć negatywny wpływ na ich działalność. Zmienność otoczenia zewnętrznego może być rozumiana jako ryzyko, które oddziałuje na przedsiębiorstwo. Sytuacje, które charakteryzują się zmiennością i niepewnością, wymuszają na organizacjach konieczność utrzymania ciągłej elastyczności i szybkości w podejmowaniu decyzji. Tempo wzrostu zmian w przepisach prawa krajowego i międzynarodowego, wraz z niepewnością polityki walutowej, prowadzi do dużej dezorientacji i niepewności w funkcjonowaniu całej

organizacji[67]. Ryzyko w kontekście systemu produkcyjnego może mieć zarówno wewnętrzny, jak i zewnętrzny wymiar[68]. Istnieją różne czynniki ryzyka, które mogą wpływać na działanie systemu produkcyjnego, a ich przykłady pokazano w tabelach 1.1-1.2.

Tabela 1.1. Czynniki ryzyka otoczenia zewnętrznego wpływające na funkcjonowanie systemu produkcyjnego

OBSZAR		CZYNNIK RYZYKA
OTOCZENIE ZEWNĘTRZNE	Rynkowy	stopa procentowa; ceny akcji; ceny towarów i usług; kursy walut; płynność finansowa; bankructwo
	Kredytowy	wiarygodność kredytowa; straty z tytułu spadku wartości zastawu; straty z powodu wzrostu wartości materiałów, surowców, usług; wypłacalność
	Operacyjny	oszustwo zewnętrzne; relacje z klientami; relacje biznesowe; obrót płatniczy
	Płynności	niewypłacalność klienta; termin płatności
	Prawny	prawne uwarunkowania krajowe; prawne uwarunkowania międzynarodowe nadmierne unormowania życia gospodarczego; ograniczanie wolności gospodarczej; niemożność spełnienia i wyegzekwowania warunków kontraktu; nieprawidłowe udokumentowanie umowy; nieprzestrzeganie przepisów prawa brak przepisów lub istnienie niejasnych i niejednoznacznych regulacji; wadliwa interpretacja aktów prawnych; działanie organów państwa na szkodę przedsiębiorcy; brak wsparcia instytucji rządowych, samorządowych; niewystarczające kompetencje do zawierania transakcji; nieprawidłowość przy konstruowaniu umów; odpowiedzialność karna, cywilna i administracyjna; utrata wiarygodności
	Biznesu	zmiany warunków ekonomicznych; przedsięwzięcia inwestycyjne; konsolidacja/przekształcenia branży; realizacja transakcji strategicznych; zawirowania na rynkach energetycznych; wzrost kosztów; gwałtownie rosnąca presja na stosowanie ekologicznych rozwiązań; zmiany popytu
	Rynek pracy	deficyt specjalistów na rynku pracy; braki kadrowe na rynku pracy; brak możliwości zaspokojenia potrzeb kadrowych przedsiębiorstwa; konieczność zaspokojenia potrzeb kadrowych pracownikami z zagranicy; wzrost kosztów pracy; skomplikowane i niejasne procedury dotyczące zatrudniania cudzoziemców
	Pozostałe	katastrofy naturalne; klęski żywiołowe; kradzież; zdarzenia losowe; awaria techniczna

Źródło: E. Kulińska, M. Dendera-Gruszka, D. Masłowski, *Analiza ryzyka systemu produkcyjnego na podstawie wybranego przedsiębiorstwa* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Zarządzania produkcją, Opole 2018, s. 477-478.

[67] Ibidem, s. 6971.

[68] E. Kulińska, M. Dendera-Gruszka, D. Masłowski, *Analiza ryzyka systemu…*, op. cit., s. 477.

Tabela 1.2. Czynniki ryzyka otoczenia wewnętrznego wpływające na funkcjonowanie systemu produkcyjnego

OBSZAR		CZYNNIK RYZYKA
OTOCZENIE WEWNĘTRZNE	Zaopatrzenie	terminowość dostaw; jakość materiałów i surowców; wiarygodność dostawców; czas realizacji zamówień; weryfikacja zgodności dostaw z zamówieniami
	Dystrybucja	przepływy towarowe; organizacja dystrybucji; identyfikacja i weryfikacja kanałów dystrybucji
	Magazynowanie	organizacja powierzchni magazynowej; zabezpieczenie towarów; infrastruktura magazynowa; sprawność wykorzystywanych technologii; zabezpieczenia systemów informatycznych; kompletacja i przygotowywanie zleceń; inwentaryzacja; kontrole przyjęć i wydań magazynowych
	Transport	organizacja transportu; prawidłowość funkcjonowania środków transportowych; polityka wymiany taboru; właściwy wybór transportu (własny/obcy)
	Zarzadzanie zapasami	proces uzupełniania zapasu; rotacja zapasów; wielkość zapasów
	Kadry	starzenie się kadry pracowniczej oraz klientów; brak zaangażowania pracowników; brak odpowiedzialności za powierzone mienie; niewłaściwe podejmowanie decyzji przez pracowników; zwolnienia chorobowe, urlopowe pracowników; nieodpowiednie kompetencje pracowników; niewystarczające umiejętności personelu; brak integralności pracowników
	Środowisko pracy	choroby zawodowe; wypadki przy pracy; skaleczenie podczas pracy; przemęczenie; przepracowanie; monotonia; brak koncentracji; brak stosowania środków ochrony indywidualnej; brak stosowania osłon i zabezpieczeń na maszynach i urządzeniach; błędy pracowników; nieprzestrzeganie zasad bhp i ppoż; brak odpowiedniej motywacji pracowników; niewłaściwe zachowanie w miejscu pracy; brak dozoru i kontroli pracowników
	Księgowość	niewłaściwa kontrola formalna; nieodpowiednia kontrola materialna
	Badania i rozwój	niezdolność do wdrażania innowacji
	Produkcja	zdolności produkcyjne; awarie maszyn i urządzeń; przepływ informacji; ograniczenia w transformacji produktów; przestarzały park maszynowy; błędnie zaprojektowane operacje technologiczne; błędy w projektowaniu zleceń produkcyjnych; natłok zleceń produkcyjnych; zbyt zróżnicowana i rozbudowana oferta produkcyjna
	IT	brak systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie przedsiębiorstwem; utrata danych; brak dostępu pracowników do danych i informacji niezbędnych w procesie produkcji; niewłaściwe przetwarzanie danych i informacji; brak odpowiedniego zabezpieczenia danych i informacji

Źródło: E. Kulińska, M. Dendera-Gruszka, D. Masłowski, *Analiza ryzyka systemu produkcyjnego na podstawie wybranego przedsiębiorstwa* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Zarządzania produkcją, Opole 2018, s. 477-479.

Czynniki ryzyka zewnętrznego mają istotny wpływ na funkcjonowanie systemu produkcyjnego, ponieważ są związane z otoczeniem całego podmiotu gospodarczego. Mogą one obejmować na przykład utratę płynności finansowej przedsiębiorstwa, co może prowadzić do opóźnień w dostawach surowców lub innych niezbędnych komponentów. W skrajnych przypadkach może dojść nawet do konieczności wstrzymania produkcji. Jest to poważne ryzyko, które wymaga skutecznych strategii zarządzania finansami, w tym utrzymywania odpowiedniej płynności i dostępności rezerw finansowych. Ponadto, regulacje prawne mają znaczący wpływ na wytwarzanie dóbr i usług. Przepisy krajowe i międzynarodowe dotyczące jakości, bezpieczeństwa, ochrony środowiska i innych obszarów mogą wprowadzać wymagania, którym przedsiębiorstwo musi sprostać. Należy monitorować te przepisy, aby funkcjonować zgodnie z literą prawa i uniknąć ewentualnych konsekwencji prawnych. Zaangażowanie i współpraca organów państwowych są kluczowe dla działalności całego przedsiębiorstwa. Brak woli pomocy ze strony instytucji państwowych prowadzi do nieefektywnego zarządzania systemem produkcyjnym, co w ostateczności może skutkować likwidacją podmiotu gospodarczego. Kolejnym istotnym ryzykiem wpływającym na produkcję, są ciągłe zmiany zarówno na rynkach międzynarodowych, jak i na rynku pracy. Niedobór odpowiednich kandydatów może prowadzić do wydłużenia czasu produkcji lub konieczności angażowania pracowników zagranicznych, co z kolei wiąże się z zawiłymi przepisami prawnymi dotyczącymi zatrudniania cudzoziemców.

Czynniki ryzyka wewnętrznego to przede wszystkim warunki pracy, które mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo pracowników produkcyjnych oraz proces doboru pracowników o odpowiednich kwalifikacjach i umiejętnościach. Istotny wpływ na organizację produkcji ma również sprawność parku maszynowego oraz precyzyjne formułowanie zleceń produkcyjnych. Nie wolno zapominać o tym, że dostępność materiałów i surowców w odpowiedniej ilości i jakości jest niezbędna do rozpoczęcia i kontynuowania produkcji bez zakłóceń[69].

[69] Ibidem, s. 480.

2. Teoria Ograniczeń

2.1. Założenia Teorii Ograniczeń

Teoria Ograniczeń (ang. *Theory of Constraints*) to wieloaspektowa metodologia systemowa, która stopniowo rozwijała się, aby pomóc organizacjom myśleć o problemach, opracowywać rewolucyjne rozwiązania oraz wdrażać je z sukcesem[70]. Po raz pierwszy została opublikowana w 1984 roku w książce *The Goal: Excellence In Manufacturing*[71] przez izraelskiego doktora fizyki Eliyahu M. Goldratta, który zastosował metody nauk ścisłych do rozwiązywania problemów biznesowych. Jednak jej początek sięga lat 70-tych XX wieku, kiedy to Goldratt wraz z zespołem opracowali system planowania i sterowania produkcją, początkowo nazywany jako Zoptymalizowany Harmonogram Produkcji (ang. *Optimised Production Timetable*, 1979 r.), a następnie od roku 1982 jako Technologia Optymalizacji Produkcji (ang. *Optimised Production Technology*, OPT)[72]. OPT to pakiet oprogramowania stworzony przez firmę Creative Output Inc. w Stanach Zjednoczonych, służący do szczegółowego planowania operatywnego produkcji (harmonogramowania), uwzględniając bilansowanie zadań z możliwościami[73].

Teoria Ograniczeń (TO) została spopularyzowana dzięki takim powieściom biznesowym jak *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*[74], *It's Not Luck*[75], *Critical Chain*[76], *Late Night Discussions on the Theory of Constraints*[77], *Necessary But Not Sufficient*[78], *Isn't It Obvious?*[79]. Opis stosowania TO, jako odrębnej metodologii zarządzania, można znaleźć w wielu pozycjach literatury, na przykład *The Haystack Syndrome: Sifting Information from the Data Ocean?*[80], *What Is This*

---

70 V.J. Mabin, S.J. Balderstone, *The performance of the theory of constraints methodology – Analysis and discussion of successful TOC applications*, „International Journal of Operations & Production Management" 2003, nr 23(6), s. 570.

71 E.M. Goldratt, J, Cox, *The Goal: Excellence In Manufacturing*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1984.

72 V.J. Mabin, S.J. Balderstone, *The performance of the theory…*, op. cit. s. 571.

73 M. Ćwiklicki, *Wprowadzenie do współczesnych narzędzi harmonizacji*, „Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie" 2001, nr 564, s. 104.

74 E.M. Goldratt, J. Cox, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1984.

75 E.M. Goldratt, *It's Not Luck*, North River Press, Great Barrington, MA 1994.

76 E.M. Goldratt, *Critical Chain*, North River Press, Great Barrington, MA 1997.

77 E.M. Goldratt, *Late Night Discussions on the Theory of Constraints*, North River Press, United Kingdom 1998.

78 E.M. Goldratt, E. Schragenheim, C.A. Ptak, *Necessary But Not Sufficient*, North River Press, Great Barrington, MA 2000.

79 E.M. Goldratt, I. Eshkoli, J. Brownleer, *Isn't It Obvious?*, North River Press 2009.

80 E.M. Goldratt, *The Haystack Syndrome: Sifting Information from the Data Ocean?*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1990.

Thing Called the Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?[81], *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement* [82], *Breaking the Constraints to World-class Performance* [83], *The Constraints Management Handbook*[84], *Thinking for a Change: Putting the TOC Thinking Processes to Use* [85], *Constraint Management: Throughput, operating expense and inventory*[86] oraz *Theory of Constraints Handbook*[87].

Metoda ta pierwotnie została zastosowana do obszarów produkcyjnych, natomiast można ją również wykorzystać do obszarów tak różnorodnych jak zarządzanie projektami, dystrybucja, sprzedaż, marketing, zarządzanie łańcuchem dostaw, zarządzanie zasobami ludzkimi[88], księgowość i finanse, służba zdrowia, edukacja, planowanie wojskowe czy inżynieria oprogramowania[89]. Przeprowadzone badanie analizy 40 publikacji naukowych związanych z TO wyłoniło pięć głównych perspektyw badawczych, takich jak praktyczne wykorzystanie TO, powiązanie badanego obszaru z narzędziami Lean Manufacturing, przekształcanie (udoskonalanie) narzędzi TO oraz propozycja nowych instrumentów. Wyniki studiów literaturowych wskazały szeroki zakres badań związanych z TO, co świadczy o potencjale rozwoju badanej dziedziny[90]. Koncepcja ta kieruje się trzema podstawowymi zasadami[91]:

---

81 E.M. Goldratt, *What Is This Thing Called the Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1990.

82 W.H. Dettmer, *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement*, ASQC Quality Press, Milwaukee, WI 1997.

83 W.H. Dettmer, *Breaking the Constraints to World-class Performance: A Senior Manager's/ Executive's Guide to Business Improvement through Constraint Management*, ASQC Quality Press, Milwaukee, WI 1998.

84 J.F. III Cox, M.S. Spencer, *The Constraints Management Handbook APICS Series on Constraints Management*, St Lucie Press, Boca Raton, FL 1998.

85 L. Scheinkopf, *Thinking for a Change: Putting the TOC Thinking Processes to Use, APICS Series on Constraints Management*, St Lucie Press, Boca Raton, FL 1999.

86 M. Chowdhary, *Constraint management: Throughput, operating expense and inventory*, Global India Publications, New Delhi 2009.

87 J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010.

88 S.E Miguel, T.B Ribera, J. Miguel, A. Guillem, C.M. Dema Pérez, *Revision to Theory of Constraints*, „IFIP Advances in Information and Communication Technology" 2010, nr 322, s. 195.

89 A.M. Mohammad Ali, S.M. Jabir, *Using attribute-based costing and theory of constraints for product-mix decisions*, „Journal of Management Information and Decision Sciences" 2022, nr 25(2), s. 4.

90 W. Urban, P. Rogowska, *Systematic Literature Review of Theory of Constraints* [w:] A. Hamrol, A. Kujawińska, M. Barraza (red.), *Advances in Manufacturing II*, Production Engineering and Management, Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, nr 2, s.415.

91 AGI-Goldratt Institute, *Combining Lean, Six Sigma and Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance* [w:] J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010, s. 1067.

1. koncentracja – dotyczy skupienia na najważniejszych zadaniach z punktu widzenia całego systemu i angażowania się w ich realizację,
2. podejście całościowe – wymaga konsekwencji w działaniu i przewidywania skutków podejmowanych decyzji w skali całego przedsiębiorstwa,
3. wzajemny szacunek – wskazuje na zaufanie do współpracowników oraz potrzebę docenienia ich pracy poprzez motywowanie.

TO to filozofia zarządzania oparta na identyfikacji czynnika ograniczającego, a następnie koncentracji na zarządzaniu ograniczeniem w celu zwiększania jego przepustowości. Jej podstawowym założeniem jest stwierdzenie, że zdolność przerobowa całego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa określana jest przez zdolność przerobową ograniczenia. Goldratt dowodzi, że w przedsiębiorstwach istnieją nieujawnione rezerwy możliwości, które odpowiednio eksploatowane pozwolą na ich znaczny wzrost, często w sposób bezinwestycyjny[92]. Po dokonaniu identyfikacji ograniczenia oraz przyjrzeniu się jego pracy często okazuje się, że jest ono w znacznym stopniu marnotrawione, czyli występują straty, które wydłużają czas przerobu. Przykładem straty jest posiadanie zbyt dużych zapasów, co w konsekwencji przekłada się na wysokie koszty utrzymania oraz na wysiłek, jaki należy włożyć, aby sprzedać je zanim staną się przestarzałe[93]. Przedsiębiorstwo można porównać do łańcucha, które posiada minimum jedno ogniwo hamujące jego obecny potencjał i nie pozwalające na zwiększanie wyników. Zatem w każdym systemie istnieje tylko jeden obszar, który ogranicza zdolność do osiągania zamierzonego celu. W przeciwnym razie działalność przedsiębiorstwa generowałaby nielimitowane zyski[94]. Goldratt twierdzi, że ograniczenia determinują wydajność całego systemu, a TO dostarcza metod efektywnego i skutecznego wykorzystania tych ograniczeń[95].

Celem TO jest dostarczanie praktykom odpowiedzi na pytanie „co zmienić", ale również „jak zmienić". Koncepcja zarządzania ograniczeniami składa się z zasad i narzędzi, które zapewniają właściwy kierunek podejmowanych działań[96]. Goldratt

---

92 E.M. Goldratt, *What Is This Thing Called…*, op. cit., s. 4.

93 G. Kendall, *Theory of Constraint Strategy* [w:] J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010, s. 523.

94 J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018, s. 298.

95 J.H. Blackstone, *A review of Literature on Drum-Buffer-Rope, Buffer Management and Distribution* [w:] J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010, s. 149.

96 F.B. de Souza, V.A. Sobreiro, M.S. Nagano, J.W. de Souza Manfrinato, *When less is better: Insights from the product mix dilemma from the Theory of Constraints perspective*, „International Journal of Production Research" 2013, nr 51(9), s. 5840.

ujął założenia TO jako ogólne zasady mogące pomóc przedsiębiorstwom odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania[97]:

- co zmienić? – w przedsiębiorstwach istnieje wiele problemów, które należałoby rozwiązać, jednakże zadaniem osoby zarządzającej jest znalezienie właściwego problemu, który ogranicza wydajność całego przedsiębiorstwa,
- na co zmienić? – określenie stanu pożądanego (jak powinno być?) oraz znalezienie prostych i praktycznych rozwiązań,
- jak spowodować zmianę? – wybór sposobu wdrożenia zmiany oraz jej zastosowanie jest jednym z najtrudniejszych kroków; osoby zarządzające, oprócz nakładu czasu i wysiłku, często spotykają się z emocjonalnym oporem pozostałych pracowników przed wdrożeniem zmiany.

Pytania te dotyczą głównie systemu produkcyjnego (ograniczeń znajdujących się w tym obszarze), a nie procesu produkcyjnego. Uzyskane odpowiedzi mają niewątpliwie wpływ na procesy produkcyjne, jednak ich celem jest koncentracja wysiłków na doskonaleniu systemu produkcyjnego[98]. Dwa pierwsze pytania: „Co zmienić?", „Na co zmienić?" należy uznać za pytania techniczne, natomiast ostatnie – „Jak spowodować zmianę?" jest pytaniem psychologicznym[99].

W przypadku ograniczeń fizycznych dotyczących procesu produkcyjnego E.M. Goldratt zaproponował metodę Pięciu Kroków Skupienia (ang. *5 Focusing Steps*, 5FS) zwanych również jako proces ciągłego doskonalenia (ang. *Process of On-Going Improvement*, POOGI). Koncentrację na problemach opartą na zasadzie ciągłego doskonalenia przedstawiono na rysunku 2.1.

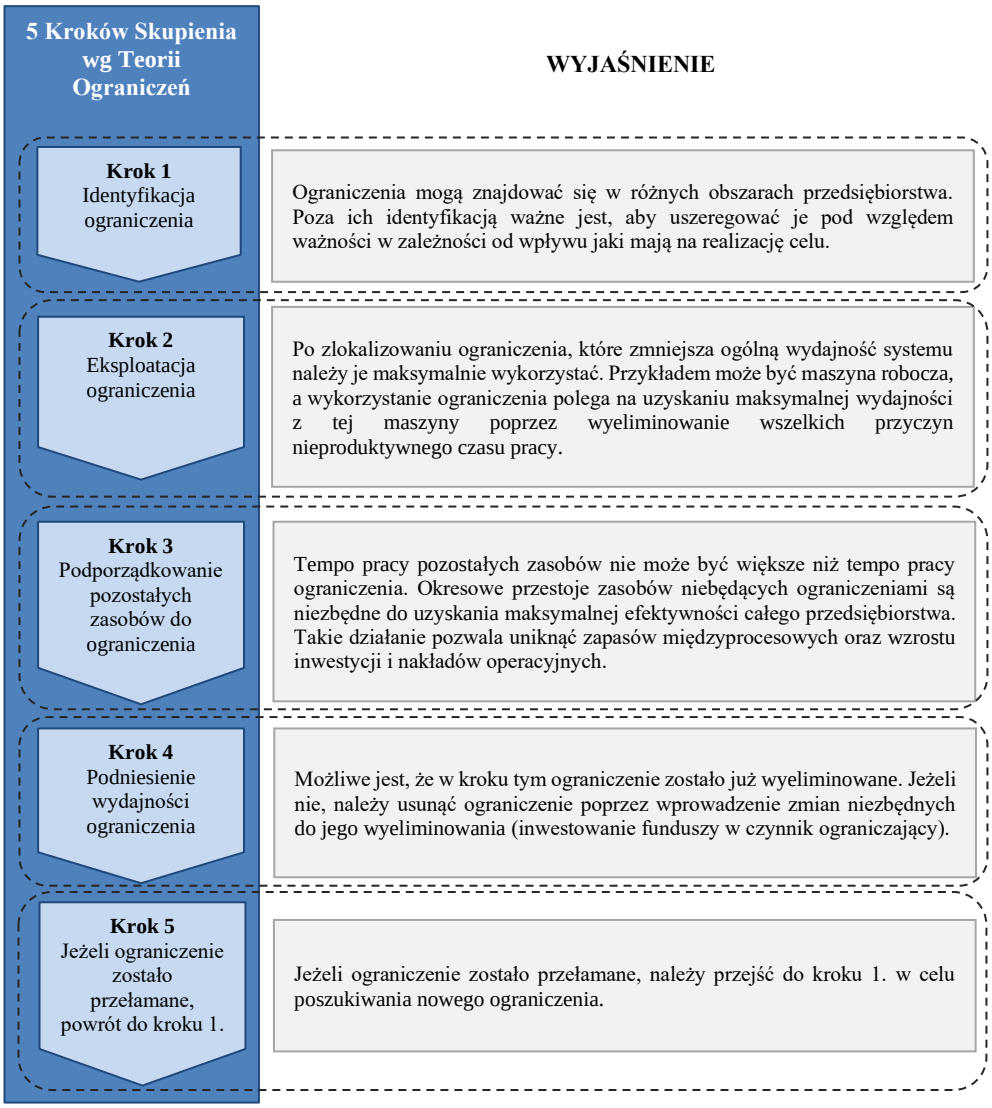
Pierwszy krok procesu ciągłego doskonalenia – identyfikacja ograniczenia – zakłada precyzyjne zlokalizowanie zasobu systemu, który ogranicza jego wydajność. Istotnym jest odszukanie właśnie tego zasobu, ponieważ usprawnienie innych elementów oraz poprawa wydajności lokalnej nie wpłynie na wydajność całego systemu. Zasoby ograniczające moce przerobowe w literaturze przedmiotu są nazywane jako CCR (ang. *Capacity Constraint Resource*). CCR to maszyna, proces lub obszar o najmniejszych możliwościach przetwarzania. Goldratt dowodzi, że każde przedsiębiorstwo posiada przynajmniej jedno ograniczenie. Gdyby nic nie ograniczało przedsiębiorstwa, to osiągnęłoby ono wartość nieskończoną. Zatem poprawna identyfikacja ograniczenia jest konieczna do właściwego zarządzania przedsiębiorstwem.

---

[97] K. Dohn, *Studium oceny procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 35.

[98] W.H. Dettmer, *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to…*, op. cit., s. 11.

[99] E.M. Goldratt, *What Is This Thing Called…*, op. cit., s. 9.



Rysunek 2.1. Metoda Pięciu Kroków Skupienia według Teorii Ograniczeń

Źródło: opracowanie własne na podstawie A. Lizarralde, U. Apaolaza, M. Mediavilla, *Practical perspectives from the industry for the identification of the bottleneck in "make-to-order" manufacturers: a strategic or an operational decision? – practical perspectives from industry*, „Dyna Engineering and Industry" 2019, nr 94, s. 508.

Krok drugi – eksploatacja ograniczenia – polega na eliminacji czynników wydłużających pracę na zasobie ograniczającym oraz na jego maksymalnym wykorzystaniu, czyli uzyskaniu więcej z ograniczenia. Każda minuta nieproduktywności ograniczenia jest stratą dla całego systemu. Należy więc

zminimalizować czas bezproduktywny ograniczenia i dążyć do jego nieprzerwanej, ciągłej pracy.

Krok trzeci – podporządkowanie – polega na dostosowaniu tempa pracy (zagwarantowaniu dostaw) pozostałych zasobów do ograniczenia. Wszystkie elementy systemu niebędące ograniczeniem posiadają większą zdolność produkcyjną niż ograniczenie, dlatego ważne jest, aby nie przekraczały możliwości przerobowych ograniczenia. Podniesienie lokalnej efektywności zasobów, które nie są ograniczeniem, oddala przedsiębiorstwo od wyznaczonego celu. Pozostawienie bez kontroli zasobów niebędących ograniczeniem powoduje nadmiar zapasów w toku. Pracę pozostałych zasobów należy skoordynować zgodnie z harmonogramem pracy ograniczenia.

Eksploatacja ograniczenia (krok 2) oraz podporządkowanie pozostałych zasobów (krok 3) są istotne z punktu widzenia TO, ponieważ przyczyniają się do uporządkowania systemu oraz nadania właściwego tempa pracy. Jednak nadal pozostaje wiele sposobów na zwiększenie przerobu oraz ciągłe doskonalenie systemu.

Krok czwarty – podniesienie wydajności ograniczenia – po wyczerpaniu możliwości zwiększenia przepustowości ograniczenia zawartym w kroku drugim, krok czwarty dopuszcza inwestowanie funduszy w czynnik ograniczający, na przykład w dodatkowe maszyny, nową technologię, zatrudnienie pracownika lub uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej. Poniesione inwestycje przyczynią się do zwiększenia przepustowości całego systemu. Na tym etapie ograniczenie powinno zostać wyeliminowane[100,101]. Krok ten nie jest zawsze wymagany, zależy od strategii przedsiębiorstwa[102].

Jeżeli podjęte w poprzednich krokach działania przyniosły oczekiwany rezultat jakim jest usunięcie ograniczenia, należy przejść do poszukiwania następnego ograniczenia i zgodnie z zasadami ciągłego doskonalenia zacząć 5-cio krokową procedurę od nowa (krok piąty).

Jednak zanim zostanie podjęta decyzja o identyfikacji ograniczenia, Goldratt wskazuje dwa dodatkowe kroki przed zastosowaniem 5FS. Kroki te są następujące[103]:

---

[100] W.H. Dettmer, *Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for Higher Performance*, System International, Port Angeles – USA 2001, s. 53.

[101] J. Trojanowska, A. Koliński, *Wpływ zastosowania narzędzi TOC na wybrane wskaźniki efektywności procesu produkcji*, „Logistyka" 2015, nr 4, s. 9.

[102] B. Ronen, S. Pass, *Focused Operations Management: Achieving More with Existing Resources*, John Wiley & Sons, 2007, s. 101.

[103] W.H. Dettmer, *Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean…*, op. cit., s. 53.

1. zrozumienie funkcjonowania całego systemu oraz zdefiniowanie globalnego celu przedsiębiorstwa,
2. ustalenie prostych miar, które umożliwią ocenę wpływu podjętej decyzji w podsystemie lub dowolnej lokalnej decyzji na wyznaczony cel.

W literaturze przedmiotu można znaleźć liczne badania włączające te dwa kroki do metody 5FS, redefiniując ją jako metodę siedmiostopniową[104,105].

2.2. Ograniczenia

TO opiera się na poszukiwaniu ograniczeń. Aby poprawnie określać, gdzie one występują w przedsiębiorstwie, należy poddać dyskusji poglądy autorów na ten temat. W dostępnej literaturze przedmiotu pojawia się wiele ujęć wąskiego gardła. Pierwszymi badaczami analizującymi to zagadnienie byli Lawrence i Buss (1994), którzy wyjaśniali określenie wąskiego gardła jako[106]:

1. zasób, w przypadku którego zapotrzebowanie przekracza jego możliwości,
2. zasób, w przypadku którego czas oczekiwania na zapasy w toku pracy jest maksymalny,
3. zasób o maksymalnym stopniu wykorzystania.

Inni badacze również podejmowali działania, aby objaśnić czym jest wąskie gardło. W dostępnej literaturze można znaleźć następujące określenia:

4. zasób, którego tempo produkcji jest najmniejsze w stosunku do całego procesu produkcyjnego[107] (1996),
5. zasób, którego średni czas pracy jest najdłuższy[108] (2001),
6. każdy zasób, którego zdolność produkcyjna jest równa lub mniejsza niż zapotrzebowanie na niego[109] (2004),

---

104 A. Coman, B. Ronen, *IS Management by Constraints: Coupling IS Effort to Changes in Business Bottlenecks*, „Human System Management" 1994, nr 13, s. 66.

105 P. Pretorius, *Introducing in-between decision points to TOC's five focusing steps*, „International Journal of Production Research" 2014, nr 52(2), s. 7.

106 S.R. Lawrence, A.H. Buss, *Shifting production bottlenecks: causes, cures, and conundrums*, „Production and Operations Management" 1994, nr 3 (1), s. 25.

107 C.T. Kuo, J.T. Lim, S.M. Meerkov, *Bottlenecks in serial production lines: a system-theoretic approach*, „Mathematical Problems in Engineering" 1996, nr 2, s. 234.

108 Ch. Roser, M. Nakano, M. Tanaka, *A practical bottleneck detection method*, Proceedings of the 2001 winter simulation conference, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001, nr 2, s. 949.

109 E.M. Goldratt, J. Cox, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, 3rd ed., The North River Press, Great Barrington 2004, s. 57.

7. zasób o minimalnym łącznym czasie spędzonym w stanie nieaktywności[110] (2008),
8. zasób posiadający najmniejszą wydajność, a tym samym ograniczający przepustowość systemu[111] (2009),
9. zasób, który najsilniej wpływa na wydajność całego systemu przedsiębiorstwa[112] (2010),
10. zasób krytyczny systemu, który determinuje jego wydajność[113] (2014).

Dwa kolejne określenia odnoszą się natomiast do procesów realizowanych w przedsiębiorstwie, wskazując na:

11. najsłabsze ogniwo, ograniczające pełne wykorzystanie możliwości przedsiębiorstwa lub systemu produkcyjnego; uniemożliwia rozwój poprzez hamowanie następnych działań w łańcuchu dostaw[114] (2021),
12. proces wpływający na przepustowość oraz na czas dostawy[115] (2021).

Termin wąskie gardło jest dość szeroko stosowany w badaniach naukowych oraz w praktyce. Jednak niewielu naukowców wydaje się być zgodnych co do jego znaczenia. Powyższe określenia skupiają się na wydajności systemu lub są powiązane z konkretną miarą, która ma związek z wybraną metodą/ami identyfikacji wąskiego gardła. Dokonując analizy powyższych określeń można podzielić je na dwie grupy. Pierwsze i szóste określenie odnosi się do zapotrzebowania na dany produkt lub grupę produktów. Zmienna liczba zleceń produkcyjnych może powodować, że przedsiębiorstwo nie będzie w stanie zabezpieczyć popytu rynkowego. Pozostałe określenia tworzą grupę wąskich gardeł występujących w procesie produkcyjnym. Wskazują na problem dotyczący układu techniczno-materiałowego, na przykład zapasów, stopnia wykorzystania maszyn lub mocy produkcyjnych.

W dostępnej literatury przedmiotu, badacze stosują pojęcie ograniczenia, wyjaśniając, że jest to:

---

110 S. Sengupta, K. Das, R.P. Van Til, *A new method for bottleneck detection*, Proceedings of the 2008 winter simulation conference, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Miami 2008, s. 1741.

111 C.E. Betterton, J.F. Cox, *Espoused drum-buffer-rope flow control in serial lines: a comparative study of simulation models*, „International Journal of Production Economics" 2009, 117(1), s. 69.

112 S. Biller, J. Li, S.P. Martin, S.M. Meerkov, L. Zhang, *Bottlenecks in Bernoulli serial lines with rework*, „IEEE Transactions on Automation Science & Engineering" 2010, 7(2), s. 210.

113 K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie…*, op. cit., s. 391.

114 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 212.

115 M. Thürer, L. Ma, M. Stevenson, Ch. Roser, *Bottleneck detection in high-variety make-to-order shops with complex routings: an assessment by simulation*, „Production Planning and Control" 2021, s. 2.

1. wszystko to, co uniemożliwia systemowi osiągnięcie wyższej skuteczności w realizacji celu[116] (2009),
2. wszystko, co ogranicza system w osiągnięciu wyższej wydajności w stosunku do jego celu[117] (2010),
3. przyczyna, która powoduje niekorzystne skutki dla systemu[118] (2011),
4. źródłowy problem znajdujący się w dowolnym obszarze przedsiębiorstwa[119] (2012),
5. wszystko, co staje na drodze do osiągnięcia większego zysku[120] (2014),
6. czynnik, który uniemożliwia osiągnięcie wyższego poziomu wydajności[121] (2014),
7. przeszkody występujące na drodze do osiągnięcia większego zysku[122] (2017),
8. element systemu, który ogranicza jego działanie i często jest przeszkodą w osiąganiu założonego celu[123] (2018).

Biorąc pod uwagę powyższe wyjaśnienia należy podkreślić, że istnieje wiele interpretacji ograniczenia, a ich charakter jest dość ogólny. Odnoszą się one do dowolnego problemu, który oddala przedsiębiorstwo od zwiększenia swoich wyników. Dokonując analizy ujęć wąskiego gardła i ograniczenia należy zatem stwierdzić, iż konieczne jest doprecyzowanie sposobu ich rozumienia, co ułatwi ich rozróżnienie. W związku z powyższym, w niniejszej rozprawie doktorskiej **ograniczenie** będzie rozumiane jako: *„czynnik ograniczający pełne wykorzystanie możliwości przedsiębiorstwa, który występuje w różnych obszarach przedsiębiorstwa lub w jego otoczeniu”*, natomiast **wąskie gardło** będzie traktowane jako: *„czynnik wewnętrzny systemu produkcyjnego, który ogranicza wzrost przepływu produkcji”*.

Podsumowując, cały zbiór czynników wpływających na rozwój przedsiębiorstwa należy nazwać ograniczeniami, natomiast czynniki ograniczające strumień produkcji uznać za wąskie gardła. Przyjęcie niniejszych interpretacji wskazuje, że wąskie gardło jest rodzajem ograniczenia.

---

116 T. Corbett, *Finanse do góry nogami: zdroworozsądkowa rewolucja w rachunkowości*, MintBooks, Wydanie II, Warszawa 2009, s. 20.

117 J.H. Blackstone, *A review of Literature…*, op. cit., s. 149.

118 J. Trojanowska, *Zarządzanie produkcją na zamówienie w oparciu o teorię ograniczeń*, Wybrane problemy logistyki produkcji, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011, s. 4.

119 P. Cyplik, M. Adamczak, L. Hadaś, *Critical chain project management and drum-buffer-rope tools integration in construction industry – case study*, „Log-Forum” 2012, nr 8(1), s. 30.

120 Z.T. Şimşita, N.S. Sebla Günayb, Ö. Vayvayc, *Theory of Constraints: A Literature Review*, 10th International Strategic Management Conference, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2014, nr 150, s. 934.

121 P. Pretorius, *Introducing in-between decision…*, op. cit., s. 4.

122 T. Sims, H. Wan, *Constraint identification techniques for lean manufacturing systems*, „Robotics and Computer-Integrated Manufacturing” 2017, nr 43, s. 50.

123 J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów…*, op. cit., s. 298.

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele rodzajów ograniczeń, które występują w przedsiębiorstwach. Wyniki przeglądu literatury przedstawiono w tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Rodzaje ograniczeń

Autor/rzy	Podział ograniczeń		Wyjaśnienie	Przykłady
E.M. Goldratt (1990) J.F. III Cox, M.S. Spencer (1998) T.B. McMullen (1998) L. Scheinkopf (1999)	**fizyczne**		miejsca ograniczające osiągnięcie wyższego poziomu wydajności	– zdolność produkcyjna – popyt na rynku
	niefizyczne		związane ze stylem zarządzania	– polityka zarządzania, np. duże partie towaru – zachowanie ludzi, np. ukryte cele, apatia
B. Skołud, A. Zientek, (2005)	**dostawcy**		związane z dostawą surowców	– trudność w pozyskaniu surowca potrzebnego do produkcji
	rynek		popyt mniejszy niż możliwości przedsiębiorstwa	– niedostateczny poziom sprzedaży związany z niskim popytem – ograniczenie dystrybucyjne
	wewnątrz firmy		czynniki wpływające na przepustowość systemu	– niedostateczne zdolności produkcyjne – zaangażowanie pracowników
R.A. Reid, (2007)	**wewnętrzne** (bezpośrednio pod kontrolą kierownictwa)	**fizyczne**	operacja lub proces w systemie nie ma wystarczającej zdolności do pełnego zaspokojenia popytu rynkowego	– wydajność systemu
		polityczne	stosowanie reguł ograniczających możliwości operacyjne lub ograniczające elastyczność przedsiębiorstwa w osiąganiu celu	– ograniczenie w planowaniu nadgodzin – utrudnienia w zatrudnianiu nowych pracowników – ograniczenie w bezpośrednim zakupie surowców

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeglądu literatury.

Tabela 2.1. Rodzaje ograniczeń c.d.

Autor/rzy	Podział ograniczeń		Wyjaśnienie	Przykłady
R.A. Reid, (2007)	**zewnętrzne** (znajdujące się na zewnątrz systemu)	**dostawcy**	ograniczony kontakt z dostawcą sprzętu lub materiałów	– brak odpowiednich dostawców, którzy spełniliby potrzeby systemu, przepisy lub zasady ograniczające dostawcę – niewystarczająca świadomość klienta na temat usług przedsiębiorstwa – konkurencja, restrykcyjne zasady sprzedaży
		rynek	popyt na rynku jest mniejszy niż zdolność przedsiębiorstwa do tworzenia i dostarczania produktu lub usługi	
M.J. Woeppel, (2009)	**polityka (paradygmat)**		zasada, miara lub warunek wpływający na zachowanie przedsiębiorstwa	– zasady określania wielkości serii produkcyjnej – wytyczne związane z wykorzystaniem zasobów – procedury dotyczące wprowadzania zmian w maszynach – przyjęcie polityki wytwarzania długich serii
	zasoby (fizyczne)		odzwierciedlenia ograniczeń związanych z polityką	– maszyny – pracownicy – umiejętności – rynek
	materiały		związane z dostawą materiałów	– niedostatek materiałów – problemy z dostawą materiałów powszechnie dostępnych
J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, (2018)	**techniczne**		występują w postaci zasobów, których zdolności produkcyjne są mniejsze niż zapotrzebowanie	– niedostateczne zdolności produkcyjne środków trwałych
	rynkowe		brak możliwości wykorzystania potencjału przedsiębiorstwa	– brak zamówień na produkty, usługi
	ludzkie		przyzwyczajenia pracowników, ich przekonania i rutyna	– procedury – polityka przedsiębiorstwa – strategia postępowania

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeglądu literatury.

Analizując dane zawarte w tabeli 2.1 należy zauważyć, że Goldratt[124], Cox i Spencer[125], McMullen[126] oraz Scheinkopf[127] proponują podział ograniczeń na fizyczne i niefizyczne. Skołud i Zientek[128] wyróżniają ograniczenia po stronie dostawcy, rynku oraz znajdujące się wewnątrz przedsiębiorstwa. Reid[129] dodatkowo dokonuje podziału ograniczeń na wewnętrzne, do których zaliczane są ograniczenia fizyczne i polityczne oraz zewnętrzne, czyli dostawcy oraz rynek. Woeppel[130] wyróżnia ograniczenia polityczne, ograniczenia związane z zasobami fizycznymi oraz ograniczenia materiałowe, zaś Lewandowski, Skołud i Plinta[131] proponują podział ograniczeń na techniczne, rynkowe i ludzkie.

Podsumowując, autorzy mają różne spojrzenie na ograniczenia oraz dokonują odmiennych podziałów. Pomimo powtarzających się nazw poszczególnych kategorii, zakwalifikowane do nich ograniczenia w istocie różnią się od siebie. Co więcej, w dostępnej literaturze przedmiotu nie znaleziono systematyki, która w jasny i jednoznaczny sposób porządkowałaby poszczególne rodzaje ograniczeń. Ponadto trudno stwierdzić czy istniejące podziały dotyczą wszystkich przedsiębiorstw/branż, czy tylko wybranych oraz czy występują w każdym systemie produkcyjnym.

2.3. Metody identyfikacji wąskich gardeł

Wykrycie wąskiego gardła jest kluczowym zadaniem w nowoczesnym przemyśle umożliwiającym zwiększenie produkcji, bądź skrócenie czasu potrzebnego do wyprodukowania danej partii wyrobów[132]. Występowanie wąskiego gardła przyczynia się do powstawania zapasów produkcji w toku, przestojów, wydłużenia czasu realizacji zlecenia oraz problemów z dotrzymaniem terminów dostaw[133]. Dlatego w pierwszym kroku należy dokładnie zlokalizować i wskazać zasób (CCR),

---

[124] E.M. Goldratt, *The Haystack Syndrome…*, op. cit., s. 62-63.

[125] J.F. III Cox, M.S. Spencer, *The Constraints Management…*, op. cit., s. 64.

[126] T.B. McMullen, *Introduction to the Theory of Constraints (TOC) Management System*, FL: St Lucie Press, Boca Raton 1998, s. 20-21.

[127] L. Scheinkopf, *Thinking for a Change…*, op. cit., s. 16-21.

[128] B. Skołud, A. Zientek, *Programowanie w logice z ograniczeniami do zarządzania w środowisku wieloprojektowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, „Zeszyty Naukowe. Mechanika" 2005, nr 152, s. 174.

[129] R.A. Reid, *Applying the TOC five-step focusing process in the service sector: A banking subsystem*, „Managing Service Quality" 2007, nr 17(2), s. 210-213.

[130] M.J. Woeppel, *Jak wdrożyć teorię ograniczeń w firmie produkcyjnej: Poradnik praktyka*, MintBooks, Warszawa 2009, s. 11-13.

[131] J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów…*, op. cit., s. 298-299.

[132] Ch. Roser, S. Mukund, S. Anders, J. Björn, *An Enhanced Data-Driven Algorithm for Shifting Bottleneck Detection*, „Advances in Production Management Systems" 2021, nr 630, s. 1.

[133] J. Schultheiss, J. Kreutzfeldt, *Performance improvement in production systems through practice-oriented bottleneck management*, Proceedings of the 4th European conference, 2009, s. 1-2.

który w największym stopniu ogranicza wydajność systemu produkcyjnego. Aby znaleźć problem, należy zidentyfikować jego źródło. Według TO usprawnianie innych elementów systemu niż wąskie gardło nie wpłynie na wydajność całego systemu[134].

W literaturze przedmiotu istnieje wiele metod wykrywania wąskich gardeł[135]. W tabeli 2.2 przedstawiono wyniki przeglądu literatury dotyczącego metod identyfikacji wąskich gardeł wykorzystywanych w przemyśle oraz ich krótki opis.

Tabela 2.2. Metody identyfikacji wąskich gardeł w przemyśle

Nawa metody	Autor/rzy	Rok	Opis
Długość kolejki	Lawrence i Buss	1994	Analiza liczby zadań oczekujących w kolejce przed każdym procesem
Czas oczekiwania	Law i Kelton	2000	Pomiar czasu zadań spędzonych w kolejce przed każdym procesem
Wykorzystanie procesu	Hopp i Spearman	2000	Pomiar czasu pracy każdego zasobu pomniejszony o straty wydajności
Czas aktywności/ Średni czas aktywności	Roser, Masaru, Minoru	2002	Ciągły pomiar aktywności maszyny
Czas procesu	Delp, Si, Wang	2003	Pomiar czasu przepływu materiału w procesie
Czas kolejki/ Średni czas oczekiwania	Faget, Eriksson, Herrmann	2005	Pomiar czasu oczekiwania przed rozpoczęciem procesu
Nieaktywność procesu	Sengupta, Das, VanTil	2008	Pomiar czasu nieaktywności procesu
Punkt zwrotny	Li, Chang, Ni	2009	Pomiar czasu blokowania się i oczekiwania procesów
Spacer wzdłuż procesów	Roser, Lorentzen, Deuse	2014	Obserwacja procesów oraz poziomu zapasów międzyprocesowych
Ograniczony przepływ	Sims, Wan	2017	Porównanie czasu taktu i czasu cyklu zasobów
Skorygowany czas cyklu	Urban	2019	Pomiar czasu cyklu i stopnia wykorzystania każdego procesu

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeglądu literatury.

Jedną z najczęściej wskazywanych metod jest analiza długości kolejki. Metoda ta polega na analizie liczby zadań oczekujących w kolejce przed każdym procesem.

---

[134] K. Lisiecka, *TOC, Six Sigma i Lean Management - kompozycja metod na rzecz doskonalenia systemu zarządzania organizacją*, „Problemy Jakości" 2013, s. 48.

[135] W. Urban, P. Rogowska, *Methodology for bottleneck identification in a production system when implementing TOC*, „Engineering Management in Production and Services", 2020, nr 12(2), s. 74-82.

Maszyna/proces, który osiągnął maksymalną długość kolejki uważany jest za wąskie gardło. W praktyce, aby zastosować tę metodę, konieczne jest porównanie długości kolejek na wszystkich zasobach w określonym odstępie czasu, na przykład podczas przybycia kolejnego zadania. Jeżeli długość kolejki na danym zasobie jest znacząco większa niż na pozostałych zasobach, wskazuje to na możliwość występowania wąskiego gardła. Metoda analizy długości kolejki dostarcza informacji o tym, które maszyny lub procesy mają największe obciążenie i mogą stanowić potencjalne ograniczenie wydajności.

Kolejną metodą jest metoda najdłuższego czasu oczekiwania. Koncentruje się na pomiarze czasu, jaki zadania spędzają oczekując przed rozpoczęciem przetwarzania na każdym zasobie. Zadanie, które ma najdłuższy czas oczekiwania w kolejce, jest uważane za potencjalne wąskie gardło. Aby uzyskać dokładne wyniki, konieczne jest dłuższe obserwowanie i mierzenie czasów oczekiwania zadań[136].

Następna to metoda wykorzystania procesu znana również jako metoda efektywnego czasu procesu. Wąskie gardło wykrywa się poprzez pomiar czasu pracy każdego zasobu, pomniejszony o straty wydajności (na przykład awaria lub ustawienie maszyny) w określonym czasie. Proces o najwyższym stopniu wykorzystania uważany jest za wąskie gardło[137].

Kolejna to metoda czasu aktywności/średniego czasu aktywności koncentruje się na czasie, w którym maszyna jest aktywna bez przerwy. Stan aktywności maszyny rozumiany jest jako czas pracy maszyny, oczekiwania na inną maszynę, naprawy, zaplanowany serwis lub wymiana narzędzia. Wąskie gardło jest procesem o najdłuższym średnim okresie aktywnym, bądź może zostać wykryte chwilowe wąskie gardło, czyli proces z chwilowo najdłuższym aktywnym okresem. Do zastosowania tej metody potrzebne są obszerne dane dotyczące procesu[138].

Następną metodą jest metoda czasu procesu, która koncentruje się na pomiarze czasu przepływu materiału w procesach, nie uwzględniając strat produkcyjnych. Podejście to wskazuje maksymalną wydajność procesów w badanych warunkach[139].

---

[136] C.E. Betterton, S.J. Silver, *Detecting bottlenecks in serial production lines – A focus on interdeparture time variance*, „International Journal of Production Research" 2012, nr 50(15), s. 4162.

[137] Z. Dongping, T. Xitian, G. Junha, *A Bottleneck Detection Algorithm for Complex Product Assembly Line Based on Maximum Operation Capacity*, „Mathematical Problems in Engineering" 2014, nr 3, s. 2.

[138] Ch. Roser, N. Masaru, T. Minoru, *Shifting Bottleneck Detection*, In Winter Simulation Conference, edited by Enver Yucesan, CA, 2002, s. 1080.

[139] Ch. Roser, K. Lorentzen, J. Deuse, *Reliable Shop Floor Bottleneck Detection for Flow Lines through Process and Inventory Observations*, Robust Manufacturing Conference, Procedia CIRP 19, 2014, s. 64.

Metoda czasu kolejki, nazywana w literaturze również jako średni czas oczekiwania, polega na pomiarze czasu oczekiwania zadań przed każdym procesem. Proces, przed którym średni czas oczekiwania jest najdłuższy, uważany jest za wąskie gardło[140].

Metoda nieaktywności procesu wyznacza wąskie gardło jako miejsce o minimalnym łącznym czasie spędzonym w stanie nieaktywnym. Nieaktywność procesu jest rozumiana jako czas, w którym maszyna nie pracuje, a więc czeka na elementy z poprzedniego procesu[141].

Metoda punktu zwrotnego polega na obserwacji oraz pomiarze czasu blokowania się i oczekiwania procesów. Punktem zwrotnym (wąskim gardłem) jest proces, który ma największy udział czasu pracy w porównaniu z sąsiednimi procesami. Punkt zwrotny nie występuje, kiedy czas oczekiwania procesu jest większy niż czas jego blokady. Jeżeli czas oczekiwania każdego procesu jest większy niż jego blokada, za wąskie gardło uważa się pierwszy proces. W odwrotnym przypadku wąskim gardłem jest proces ostatni[142].

Metoda spaceru wzdłuż procesów polega na obserwacji pracy poszczególnych procesów oraz poziomu zapasów międzyprocesowych. Technika ta nie wymaga pomiarów, obliczeń i statystyk. Metoda zakłada, że jeżeli proces oczekuje na części, to wąskie gardło znajduje się w którymś miejscu przed tym procesem. Natomiast jeżeli proces jest zablokowany, ponieważ nie może przekazać części do kolejnego procesu, to wąskie gardło znajduje się za zablokowanym procesem. Drugim źródłem informacji są bufory międzyprocesowe. Jeżeli bufor między procesami jest pełny, to wąskie gardło znajduję się na dalszych etapach procesu produkcyjnego, natomiast jeżeli bufor jest pusty, to wąskie gardło znajduję się przed badanym miejscem. W przypadku, gdy bufor zapełniony jest do połowy, to wąskie gardło może znajdować się w dowolnym miejscu. Założenia te wskazują „kierunek" wąskiego gardła. Podczas obserwacji procesu produkcyjnego należy zapisywać kierunek wąskiego gardła. Wąskie gardło znajduje się pomiędzy strzałkami narysowanymi ku sobie[143].

Metoda ograniczonego przepływu to podejście oceniające zapotrzebowanie klienta. Wąskie gardło systemu produkcyjnego identyfikowane jest w wyniku porównania czasu taktu i czasu cyklu zasobów w systemie produkcyjnym. Jeżeli czas cyklu maszyny jest większy niż czas potrzebny na wykonanie zlecenia, wówczas zasób ten staje się wąskim gardłem systemu produkcyjnego. Drugim

---

140 Z. Dongping, T. Xitian, G. Junha, *A Bottleneck Detection Algorithm…*, op. cit., s. 2.

141 Ch. Yu, A. Matta, *A statistical framework of data-driven bottleneck identification in manufacturing systems,* „International Journal of Production Research" 2016, nr 54(21), s. 6318.

142 L. Li, Q. Chang, J. Ni, *Data Driven Bottleneck Detection of Manufacturing Systems*, „International Journal of Production Research" 2009, nr 47(18), s. 5019-5036.

143 Ch. Roser, K. Lorentzen, J. Deuse, *Reliable Shop Floor…*, op. cit., s. 65-67.

podejściem tej metody jest wskaźnik wykorzystania wolnych mocy przerobowych maszyny. Wolne moce przerobowe to różnica między czasem cyklu, a czasem taktu. Wąskie gardło w systemie produkcyjnym charakteryzującym się różnymi czasami cyklów, identyfikowane jest poprzez największe wykorzystanie zasobu[144].

Ostatnią z wymienionych metod jest metoda skorygowanego czasu cyklu (C/T), która koncentruje się na pomiarze czasu cyklu i stopnia wykorzystania każdego procesu w strumieniu produkcyjnym. Iloczyn C/T oraz wskaźnika wykorzystania procesu wskaże faktyczny czas potrzebny do wyprodukowania wyrobu. Obliczenie wydajności procesów poprzez skorygowane C/T wskaże proces, który jest wąskim gardłem[145].

Wymienione w tabeli 2.2 metody identyfikacji wąskich gardeł można podzielić na dwie grupy. Metoda spaceru wzdłuż procesów koncentruje się na obserwacji procesu produkcyjnego i zapasów międzyprocesowych bez konieczności zbierania obszernych danych. Natomiast pozostałe metody wymagają oparcia się na danych z dłuższych okresów funkcjonowania systemu produkcyjnego, przykładowo kilku miesięcy, czy roku.

Innym podejściem do identyfikacji wąskich gardeł są algorytmy matematyczne. Na przykład Dongping, Xitian i Junha[146] zaproponowali algorytm wykrywania wąskiego gardła dla złożonych linii montażowych, a Li[147] algorytm wykrywania wąskich gardeł na podstawie danych systemu produkcyjnego. Kolejne podejście przedstawili Gilbert, Tito i Doniger[148], którzy opracowali metodę określania wąskich gardeł w sektorze wytwórczym. Ostatnią rozpoznaną w ramach przeprowadzonego przeglądu literatury metodą identyfikacji wąskiego gardła są symulacje. Kamiński i Drobina[149] wykorzystali metodę symulacji komputerowej do zlokalizowania wąskiego gardła w przemyśle metalurgicznym, bazując na czasie trwania cyklu poszczególnych operacji technologicznych.

---

144 T. Sims, H. Wan, *Constraint identification…*, op. cit., s. 50-58.

145 W. Urban, *TOC implementation in a medium-scale manufacturing system with diverse product rooting*, „Production & Manufacturing Research" 2019, nr 7(1), s. 183-185.

146 Z. Dongping, T. Xitian, G. Junha, *A Bottleneck Detection Algorithm…*, op. cit., s. 3-5.

147 L. Li, *A systematic-theoretic analysis of data-driven throughput bottleneck detection of production systems*, „Journal of Manufacturing Systems" 2018, nr 47, s. 46-50.

148 Ch. Gilbert, M.D. Tito, C. Doniger, *Quantifying Bottlenecks in Manufacturing*, „FEDS Notes" 2021, nr 3022, s. 3-7.

149 P. Kamiński, R. Drobina, *Wyznaczenie wąskiego gardła w przedsiębiorstwie branży metalurgicznej z wykorzystaniem pakietu symulacyjnego programu Arena*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2021, nr 84, s. 95-110.

2.4. Techniki i narzędzia usprawniające przepływ produkcji

Przedsiębiorstwa, które umiejętnie organizują swoje procesy produkcyjne oraz pozostałe procesy biznesowe, są w stanie sprostać wymogom rynku oraz przeciwstawić się konkurencji. Jednak rzadko zdarza się, że wszystkie procesy produkcyjne lub wydziały wytwarzające części składowe wyrobu są ze sobą doskonale zsynchronizowane. Skutkiem braku synchronizacji produkcji jest na przykład tworzenie zapasów produkcyjnych. Za główny cel sterowania produkcją uważa się wyprodukowanie odpowiedniej liczby wyrobów w terminach ustalonych w planach zbytu tych wyrobów przez przedsiębiorstwa. Natomiast podstawowym celem każdego przedsiębiorstwa jest osiągnięcie dodatniego wyniku finansowego dążąc do satysfakcjonującego poziomu zysków. Zatem sterowanie przepływem produkcji powinno również spełniać ten cel[150].

Ciągły przepływ produkcyjny charakteryzuje się minimalnym marnotrawstwem, nieprzerwanym przepływem materiałów i produkcji w toku oraz minimalnymi zapasami produkcji w toku[151]. Jednak w rzeczywistych procesach produkcyjnych zazwyczaj występują różnego rodzaju zakłócenia przepływu produkcyjnego, które powodują odchylenia wydajności procesów od przyjętych norm oraz przewidywanych terminów realizacji zlecenia. Do podstawowych przyczyn zakłóceń występujących w procesie produkcji można zaliczyć na przykład awarie maszyn produkcyjnych, braki produkcyjne, niepełne dane decyzyjne, nieterminowe dostawy materiałów, trudności w znalezieniu materiału do obróbki lub kłopoty z elastycznością procesów, rozumiane jako dopasowanie przepustowości procesów produkcyjnych do wielkości zapotrzebowania rynkowego. W związku z wystąpieniem zakłóceń powodujących zaburzenia w przepływie produkcji należy podjąć takie działania, które umożliwią zachowanie terminów produkcji lub wyprodukowanie zamówionych produktów w określonym czasie[152].

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele metod, technik i narzędzi wykorzystywanych w usprawnieniu przepływu produkcyjnego. Poniżej opisano kilka najistotniejszych koncepcji z punktu widzenia TO. Metody te mają szczególne zastosowanie w poprawie przepływu produkcyjnego, czyli w zwiększeniu przepustowości wąskich gardeł.

Werbel-Bufor-Lina (DBR)

TO proponuje rozwiązanie Werbel-Bufor-Lina (ang. *Drum-Buffer-Rope*, DBR) w przypadku ograniczeń wykrytych w procesie produkcyjnym, czyli wąskich gardeł.

---

[150] K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie…*, op. cit., s. 317.

[151] J. Czerska, *Pozwól płynąć swojemu produktowi: Tworzenie ciągłego przepływu*, Wydawnictwo Placet, Gdańsk 2011, s. 12.

[152] K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie…*, op. cit., s. 326.

Metoda ta rozwinęła się stopniowo dzięki doświadczeniom Goldratta z oprogramowaniem do planowania produkcji o nazwie OPT. Celem DBR jest synchronizacja zasobów produkcyjnych przy jednoczesnej minimalizacji zapasów i produkcji w toku[153]. Koncepcja ta bazuje na kilku podstawowych założeniach[154]:

- przepływ produkcji przy małych wielkościach partii jest szybszy i bardziej elastyczny niż w przypadku dużych partii i związanych z nimi kolejek,
- zakłócenia w przepływie produkcyjnym są wynikiem wewnętrznej zmienności przedsiębiorstwa i zewnętrznej niepewności występującej poza nim,
- wyeliminowanie wszystkich zakłóceń występujących w przepływie nie jest praktyczne,
- każdy zasób produkcyjny ma zazwyczaj inną wydajność,
- w przypadku, gdy system nie jest w równowadze z popytem rynkowym, próby zrównoważenia wydajności zasobów produkcyjnych będą trudne do zrealizowania,
- wydajność całego systemu nie może być większa niż wydajność wąskiego gardła,
- poprawa wydajności zasobu niebędącego wąskim gardłem nie poprawi wydajności całego systemu.

W algorytmie DBR zasób krytyczny (wąskie gardło) wyznacza tempo pracy zasobom niekrytycznym, występującym przed oraz za nim. To wąskie gardło wpływa na wydajność całego systemu produkcyjnego, decyduje o wielkości oraz częstotliwości dostaw materiałów. Dlatego wszelkie działania planistyczne powinny być skoncentrowane na maksymalizacji przepływów produkcyjnych w wyniku podporządkowania pozostałych zasobów niekrytycznych do wąskiego gardła[155]. Metoda DBR składa się z trzech elementów[156,157]:

- **Werbel** (ang. *Drum*) – wyznacza rytm pracy produkcji zgodnie z tempem pracy wąskiego gardła,
- **Bufor** (ang. *Buffer*) – zapewnia stabilny przepływ oraz ciągłość produkcji wąskiego gardła. Umieszczany jest w newralgicznych miejscach, w szczególności przed wąskim gardłem, zapewniając mu warunki maksymalnej eksploatacji oraz zapobiega sytuacjom przerwania procesu produkcyjnego z powodu awarii zasobu krytycznego. Bufor może występować jako bufor czasowy (materiał przed wąskim gardłem dostarczany jest z wyprzedzeniem), bufor ilościowy (zapas produkcji w toku znajdujący się przed wąskim gardłem)

---

153 J.H. Blackstone, *A Review of Literature…*, op. cit., s. 149.

154 W.H. Dettmer, *Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean…*, op. cit., s. 26.

155 J. Krystek, T. Trznadel, *Zastosowanie algorytmu DBR Teorii Ograniczeń do planowania produkcji*, „Przegląd Elektrotechniczny" 2012, nr 88(10b), s. 163.

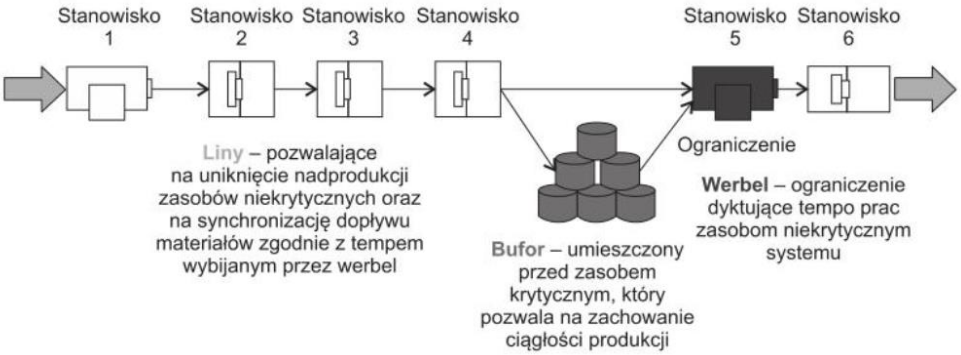
156 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 216.

157 J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów…*, op. cit., s. 302.

lub bufor wysyłkowy (zabezpieczenie terminu dostawy przed możliwymi zakłóceniami występującymi między innymi w procesie produkcji),

– **Lina** (ang. *Rope*) – wyznacza rytm dostarczania materiałów lub półwyrobów do procesów znajdujących się przed wąskim gardłem w celu wyeliminowania nadprodukcji na zasobach niekrytycznych.

Graficzną interpretację metody Werbel-Bufor-Lina przedstawiono na rysunku 2.2.



Rysunek 2.2. Graficzna interpretacja metody Werbel-Bufor-Lina

Źródło: E. Pająk, *Zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021, s. 217.

Algorytm DBR jest spójny z logiką metody Pięciu Kroków Skupienia: Krok 1 – identyfikacja najsłabszego ogniwa, czyli werbla, wyznaczającego tempo produkcji; Krok 2 – eksploatacja ograniczenia, czyli opracowywanie poziomu buforów w celu jak najskuteczniejszego wykorzystania wąskiego gardła; Krok 3 – podporządkowanie, przy pomocy narzędzia jakim jest lina, harmonogramu wydawania materiałów do procesu w celu utrzymania stałej pojemności bufora[158].

Metoda DBR poprzez skoncentrowanie się na najsłabszym ogniwie, optymalizacji poziomu buforów i kontrolowanemu wydawaniu materiałów, pozwala na zwiększenie przepustowości wąskich gardeł i poprawę ogólnej wydajności całego systemu produkcyjnego.

E. Schragenheim opracował uproszczoną metodę Werbel-Bufor-Lina o nazwie S-DBR (ang. *Simplified Drum Buffor Rope).* Metoda ta zakłada, że ograniczeniem jest rynek. Na tej podstawie wykorzystuje się tylko jeden bufor wysyłkowy, który ma na calu zabezpieczenie terminu dostawy. Głównym celem S-DBR jest zapewnienie terminowości realizacji zamówień, natomiast celem klasycznego DBR

[158] J.H. Blackstone, *A Review of Literature…*, op. cit., s. 149.

jest zwiększenie przepustowości i przepływu produkcji w wyniku podporządkowania pozostałych procesów do zasobu krytycznego[159].

Skrócenie czasu przezbrojeń metodą SMED

Różnorodne potrzeby klientów wymagają szybkiej reakcji ze strony przedsiębiorstw, co prowadzi do konieczności częstych zmian produkowanych wyrobów. Produkcja niewielkich partii produkcyjnych zróżnicowanych wyrobów prowadzi do częstych zmian zadań produkcyjnych na poszczególnych stanowiskach. Przechodzenie z jednego zlecenia na kolejne zlecenie wymaga czasu, na przykład na zmianę oprzyrządowania (w procesach obróbczych) lub wyczyszczenie instalacji (w procesach drukowania). Aby sprostać postawionym wymaganiom wykorzystuje się SMED (ang. *Single Minute Exchange of Die*), czyli metodę szybkiego przezbrajania maszyn, urządzeń i procesów produkcyjnych (skrócenie czasów przygotowawczo-zakończeniowych), której twórcą jest japoński inżynier Shigeo Shingo[160]. Głównym celem metody SMED jest wykonanie przezbrojenia w jak najkrótszym czasie przy wykorzystaniu jak najmniejszej liczby narzędzi. Metoda ta ma zastosowanie w wielu branżach przemysłu, na przykład w motoryzacyjnej, hutniczej, drzewnej czy przetwórstwa tworzyw sztucznych.

Przezbrajanie maszyny jest pracochłonnym procesem, który wymaga zaangażowania operatora w wykonanie wielu czynności mających na celu przygotowanie maszyny do nowego zadania. W rezultacie, podczas przeprowadzania przezbrajania, maszyna nie pracuje, czyli nie wytwarza wyrobów. Do najczęstszych czynności można zaliczyć, na przykład wymianę narzędzi i oprzyrządowania, wymianę elementów maszyny, regulację, czyszczenie, zmianę surowca, półfabrykatów lub dokumentacji procesu[161]. Metoda SMED bazuje na czterech głównych działaniach, które mogą wpłynąć na skrócenie czasu przezbrojenia[162]:

1) Podział czynności na zewnętrzne i wewnętrzne

   Czynności zewnętrzne (*off-line*) to te, które można wykonać w czasie pracy maszyny, na przykład: pobranie i dostarczenie narzędzia do obrabiarki, wstępne ustawienie tego narzędzia lub oddanie gotowych elementów do magazynu.
   Czynności wewnętrzne (*on-line*) to te, które trzeba wykonać w czasie postoju maszyny, na przykład zamocowanie narzędzia w uchwycie, wprowadzenie nowej bazy danych lub wyczyszczenie maszyny po procesie poprzednim.

---

[159] M.B. Benavides, H. Van Landeghem, *Implementation of S-DBR in four manufacturing SMEs: a research case study*, „Production Planning and Control" 2015, nr 26(13), s. 1111.

[160] B. Skotnicka-Zasadzeń, P. Masoń, *Doskonalenie obiektów technicznych przy wykorzystaniu metody SMED*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2016, z. 87, s. 328.

[161] J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów…*, op. cit., s. 178.

[162] A. Hamrol, *Strategie i praktyki…*, op. cit., s. 261-262.

Taki podział czynności stwarza duże możliwości przyspieszenia procesu przezbrojenia.

2) Wykonywanie czynności w tym samym czasie

Czynności, które są wykonywane podczas procesu przezbrojenia powinny być realizowane według wcześniej ustalonej kolejności. Aby przyspieszyć ten proces, niektóre z nich mogą być prowadzone przez kilku pracowników jednocześnie.

3) Ustalenie jak najkrótszych odległości do pokonywania

Ustalenie standardów postępowania oraz usytuowanie wszystkich narzędzi pomocniczych i elementów maszyny w taki sposób, aby pracownik dokonujący przezbrojenia pokonywał jak najkrótszy dystans.

4) Wprowadzenie usprawnień technicznych

Stosowanie różnego rodzaju usprawnień, które mogą przyczynić się do zaoszczędzenia czasu, na przykład stosowanie połączeń szybkozłącznych, uproszczenie konstrukcji lub unifikacja elementów.

Istotą działań w ramach metody SMED jest zamiana części czynności wewnętrznych na czynności zewnętrzne, a następnie skrócenie czasów ich wykonania. Metoda ta opiera się na trzech etapach, które zostały szczegółowo opisane w tabeli 2.3.

W wyniku zastosowania metody SMED przedsiębiorstwo jest w stanie skrócić czasy przestojów, co wiąże się ze zwiększeniem wydajności maszyn. Takie działanie może częściowo lub całkowicie wyeliminować wąskie gardło w procesie produkcyjnym. Dodatkowe korzyści wynikające z wdrożenia metody to zwiększenie elastyczności produkcji, skrócenie czasu realizacji zlecenia, ograniczenie poziomu zapasów oraz poprawa jakości produkowanych wyrobów[163].

Metodę SMED należy połączyć z działaniami 5S i TPM. Między tymi metodami występuje duża współzależność, ponieważ niewyobrażalne jest osiągnięcie dobrych rezultatów w skróceniu czasu przezbrojenia bez zapoznania się z zasadami dobrej organizacji stanowiska pracy oraz dodatkowej konserwacji maszyn przez operatorów[164].

---

[163] S. Kowal, K. Knop, *Wykorzystanie metody SMED do poprawy efektywności pracy stanowiska wytłaczania rurek gładkich*, „Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement" 2017, nr 2(7), s. 100.

[164] J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów…*, op. cit., s. 180.

Tabela 2.3. Charakterystyka kroków wdrożenia SMED

Etap	Charakterystyka	Wykorzystywane techniki i narzędzia
Separacja czynności zewnętrznych i czynności wewnętrznych	Zarejestrowanie procesu przezbrojenia uwzględniającego ruchy rąk i ciała operatora, a następnie dokładana analiza wykonywanych czynności wraz z czasem ich trwania.	– nagranie wideo, – obserwacja, – lista kontrolna, – próba funkcjonowania (kontrola sprawności narzędzi), – usprawnienie transportu narzędzi, matryc i materiałów
Przekształcenie czynności wewnętrznych na czynności zewnętrzne	Uważne przyjrzenie się celowości czynności wewnętrznych oraz znalezienie rozwiązań przekształcenia ich w czynności zewnętrzne.	– przygotowanie stanowiska pracy przed rozpoczęciem wewnętrznego procesu przezbrajania, – standaryzacja parametrów montażu, – wykorzystanie przyrządów pośredniczących
Usprawnienie czynności przygotowawczych	Dalsza analiza czynności wewnętrznych i zewnętrznych pod kątem sposobu ich wykonywania, mająca na celu skrócenie czasu.	Dla czynności wewnętrznych: – równoległa realizacja operacji przez co najmniej dwie osoby, – zaprojektowanie jak najkrótszej drogi operatora. Dla czynności zewnętrznych: – doskonalenie składowania, – usprawnienie metod transportu narzędzi, przyrządów, części i materiałów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018, s. 178; M. Kruczek, Z. Żebrucki, *Wykorzystanie techniki SMED w usprawnieniu procesu produkcyjnego*, „Logistyka" 2012, nr 2, s. 801-802.

Skrócenie czasu przezbrojeń umożliwia szybką zmianę produkcji z jednego produktu na inny, minimalizując czas bezproduktywny i przyspieszając uruchamianie produkcji. W rezultacie, przepływ produkcyjny staje się bardziej płynny, eliminując blokady i umożliwiając sprawniejsze przepływanie materiałów przez system produkcyjny.

Zarządzanie stanowiskiem pracy – metoda 5S

Metoda 5S to podejście do organizacji i zarządzania w miejscu pracy, zmierzające do podnoszenia wydajności w wyniku usprawnienia procesów zachodzących na stanowisku pracy, redukcji zbędnych czynności oraz wyeliminowania strat na tym

stanowisku[165]. Przyczynia się do poprawy przepływu materiałów, efektywności pracy i jakości produktów. W praktyce stosowanie metody 5S oznacza „dbałość o porządek, dyscyplinę i skrzętne gospodarowanie". Jest to zbiór prostych zasad doprowadzających do skutecznych zachowań, czyli wypracowanie przez pracowników dobrych nawyków pozwalających utrzymać przedsiębiorstwo w czystości oraz podnieść jego wydajność i efektywność[166]. Nazwa 5S pochodzi od pierwszych liter japońskich słów: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* i *Shitsuke*. Opis poszczególnych etapów metody 5S przedstawiono w tabeli 2.4.

Każdy etap podejścia 5S jest niezwykle ważny i wymaga skrupulatnego wykonania aby osiągnąć zakładane efekty. Prawidłowe zastosowanie trzech pierwszych kroków (selekcja, systematyka i sprzątanie) pozwoli na identyfikację dotychczas niezauważalnych problemów oraz ich eliminację. Wdrożenie kolejnych dwóch etapów (standaryzacja i samodyscyplina) ma na celu stworzenie naturalnej potrzeby utrzymania wypracowanych zasad organizacji stanowiska pracy[167].

Zastosowanie metody 5S niesie za sobą wiele korzyści, na przykład podniesienie produktywności, wzrost wydajności, poprawę jakości wytwarzanych wyrobów, zapobieganie powstawaniu błędów w procesie produkcyjnym, zmniejszenie marnotrawstwa czasu pracowników oraz poprawę bezpieczeństwa pracy. Metoda 5S jest bardzo atrakcyjna dla przedsiębiorstwa, ponieważ jest dość prosta w zastosowaniu oraz nie wymaga dużych nakładów finansowych, a korzyści i rezultaty z jej zastosowania dostrzegane są od razu[168].

W literaturze przedmiotu prezentowana jest również metoda 6S. Jest to uzupełnienie metody 5S o dodatkowy aspekt bezpieczeństwa (6S – *Safety*). Celem tego kroku jest zwiększenie świadomości i skupienie się na bezpieczeństwie pracy podczas wdrażania metody 5S[169].

---

[165] M. Kuczyńska-Chałada, *Proces wdrożenia metody 5S w przedsiębiorstwie produkcyjnym* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s. 3.

[166] A. Pacana, A. Gazda, P. Wołoszyn, *Wykorzystanie metody 5S do doskonalenia procesów logistycznych*, „Modern Management Review" 2014, nr 19, s. 74.

[167] J. Łopatowska, *Metoda 5S jako narzędzie modelowania procesów na stanowisku pracy*, Inżynieria systemów zarządzania, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2002, s. 127.

[168] A. Jamróz, A. Pleskacz, *Zastosowanie metody 5S do poprawy organizacji miejsca pracy w wybranej firmie produkcyjnej*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki" 2018, nr 14, s. 139.

[169] K. Konieczka, M. Konieczna, *Bariery i ograniczenia przy wdrożeniu metody 6S – studium przypadku*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2019, nr 79, s. 121.

Tabela 2.4. Charakterystyka metody 5S

Etap		Charakterystyka	Narzędzie	Cel
1S	***Seiri*** (selekcja, sortowanie)	Sortowanie przedmiotów znajdujących się na stanowisku pracy z podziałem na potrzebne i niepotrzebne. Usunięcie ze stanowiska rzeczy niepotrzebnych, utrudniających pracę.	Przedmioty niepotrzebne oznaczone czerwoną etykietą.	Lepsze wykorzystanie powierzchni roboczej stanowiska pracy, usprawnienie wykonywanych czynności.
2S	***Seiton*** (porządkowanie, systematyka)	Określenie stałych miejsc przedmiotów. Przedmioty często wykorzystywane powinny znaleźć się w bliskim odstępie.	Elementy wizualizacji, np. pola odkładcze, tablice cieni, etykiety, obrysowanie stanowiska.	Zmniejszenie strat czasu na poszukiwanie narzędzia.
3S	***Seiso*** (sprzątanie)	Utrzymanie czystości stanowiska pracy poprzez regularne sprzątanie.	Środki czystości.	Wypracowanie nawyku sprzątania w rytmie dnia pracy. Zwiększenie bezpieczeństwa. Mniejsza awaryjność maszyn.
4S	***Seiketsu*** (standaryzacja)	Ustalenie zasad i standardów na danym stanowisku pracy uzyskanego w poprzednich trzech krokach.	Tworzenie standardów i procedur.	Utrzymanie stanu stanowiska pracy.
5S	***Shitsuke*** (samodyscyplina)	Trzymanie się ustalonych zasad i procedur na stanowisku pracy. Eliminowanie przyzwyczajeń pracowników.	Kontrola stanowisk pracy – audyty 5S. Dokonywanie oceny i wizualizacja wyników.	Utrzymanie standardu. Samodoskonalenie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Kuczyńska-Chałada, *Proces wdrożenia metody 5S w przedsiębiorstwie produkcyjnym* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s. 4; J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018, s. 177.

Kompleksowe utrzymanie ruchu (TPM)

TPM (ang. *Total Productive Maintenance*) to współczesna koncepcja utrzymania maszyn w pełnej sprawności i dostępności do produkcji, wywodząca się z Japonii, choć pierwsze działania mające na celu usprawnienie funkcjonowania parku maszynowego były podejmowane na większą skalę już na początku XX wieku w USA. Nazwa TPM po raz pierwszy została zdefiniowana w 1971 roku przez Japan Institute of Plant Engineers [170]. Koncepcja dotyczy ogółu prac związanych z produktywnym utrzymaniem ruchu urządzeń technologicznych wewnątrz przedsiębiorstwa, wykonywanych przez pracowników działu utrzymania ruchu (planowana konserwacja), jak również operatorów maszyn (autonomiczna konserwacja). Taka współpraca pozwala na wzajemne poznanie się oraz zwiększenie umiejętności operatorów maszyn poprzez lepsze poznanie urządzenia technologicznego. Koncepcja TPM zakłada, że pracownik obsługujący dany proces produkcyjny jest w stanie przewidywać oraz zapobiegać awariom. Dzięki temu możliwe jest wydłużenie cykli remontowych, zmniejszenie liczby usterek, skrócenie czasu ich usuwania oraz lepsze gospodarowanie częściami zamiennymi[171].

Każdy przestój maszyny lub innej instalacji niezbędnej do realizacji produkcji wiąże się z utratą środków pieniężnych. Straty te stają się szczególnie istotne, gdy przestój maszyny jest nieoczekiwany, spowodowany awarią lub destabilizuje cały proces produkcyjny. Tego rodzaju przestoje mogą wpływać na powstawanie wąskich gardeł w systemie produkcyjnym. TPM dotyczy strat związanych z urządzeniami technologicznymi. Występowanie strat w procesie produkcyjnym powoduje skrócenie efektywnego czasu pracy, a co za tym idzie, procesy te mogą stać się wąskim gardłem[172]. Można wyróżnić następujące rodzaje strat:

- planowe zatrzymanie procesu wytwórczego spowodowane okresową obsługą instalacji i urządzeń technologicznych,
- związane z czasem przezbrojenia urządzeń technologicznych i wyregulowaniem sprzętu,
- spowodowane występowaniem awarii urządzeń technologicznych,
- wynikające z nieprawidłowej realizacji procesu, na przykład niewłaściwie dobrane parametry technologiczne pracy urządzeń, błędy półwyrobu, błędy operatora,
- wynikające z nieprzewidzianych sytuacji mogących wystąpić w procesie wytwórczym,
- związane z niedotrzymaniem parametrów jakościowych oraz koniecznością usunięcia wad.

---

[170] K. Szatkowski, *Nowoczesne zarządzanie…*, op. cit., s. 307.

[171] P. Kisiel, *Koncepcja wdrożenia wybranych metod Lean Production w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Logistyka" 2016, nr 6, s. 1410.

[172] E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 334.

Różnica pomiędzy TPM a tradycyjnym utrzymaniem ruchu polega na odmiennym podejściu do konserwacji i przeglądów maszyn. Według TPM czas przeznaczony na te czynności procentuje w późniejszym okresie, gdy maszyna zawsze jest gotowa do produkcji. TPM dąży do spełnienia warunku: zero awarii maszyn, zero wad wynikających z ich pracy, zero wypadków przy pracy. Celem metody jest utrzymanie parku maszynowego przedsiębiorstwa w kondycji zapewniającej ciągłość produkcji, czyli poprawa efektywności eksploatacji parku maszynowego w wyniku redukcji sześciu wielkich strat, takich jak awarie, długi czas przezbrojeń i regulacji, drobne przestoje i bezczynność, braki jakościowe i poprawki, mniejsza wydajność podczas rozruchu oraz obniżona prędkość pracy. Aby zrealizować cel TPM, należy działać w następujących obszarach nazywanych ośmioma filarami TPM[173]:

1) Autonomiczne zespoły utrzymania ruchu

   Zaangażowanie operatorów maszyn do wykonywania przeglądów i konserwacji w obszarze wykonywanej pracy niezależnie od działu utrzymania ruchu. Obejmuje takie działania jak: czyszczenie i przegląd maszyn, eliminacja źródeł problemów (poprawa dostępu do elementów maszyny, smarowanie), przeprowadzanie przeglądu maszyny w celu wykrycia i usunięcia niepoprawności, stworzenie samodzielnego zespołu podejmującego decyzje w zakresie napraw.

2) Doskonalenie Kaizen

   Ciągłe doskonalenie procesu w celu wykrycia przyczyn problemu przy wykorzystaniu różnych narzędzi TPM. Przykładowym narzędziem wykorzystywanym do doskonalenia jest cykl Deminga, który wskazuje przejście przez kolejne kroki (ang. *Plan, Do, Check, Act* – Zaplanuj, Wykonaj, Sprawdź, Popraw), aby skutecznie rozwiązać problem. Inne narzędzie to wykres Ishikawy wizualizujący problem z potencjalnymi przyczynami. Jako kolejny element filozofii Kaizen można wyróżnić metodę 5WHY, której celem jest odnalezienie przyczyny istniejącego problemu.

3) Terminowe wykonywanie przeglądów

   Planowe przeprowadzanie działań zapobiegawczych w celu uniknięcia awarii maszyn poprzez: analizę usterek, smarowanie, wymianę zużytych podzespołów, regulację, zarządzanie częściami zamiennymi, skrócenie czasu naprawy.

[173] P. Kisiel*, Koncepcja wdrożenia wybranych metod…*, op. cit., s. 1410-1411.

4) Zapewnienie jakości

   Przegląd techniczny miejsc linii technologicznej, w których powstaje najwięcej błędów wpływających na ostateczny produkt.

5) Planowy zakup nowych maszyn

   Rozsądne inwestowanie w park maszynowy na podstawie faktycznych danych.

6) Zarządzanie parkiem maszynowym

   Wyznaczanie standardów skutecznego czyszczenia i smarowania, przygotowywanie list kontrolnych przeprowadzania autonomicznego przeglądu maszyny, wizualne zarządzanie, opracowanie zasad zbierania danych na temat awarii oraz ich analiza.

7) BHP i środowisko

   Podejmowanie działań zorientowanych na bezpieczeństwo wykonywanej pracy oraz środowiska naturalnego, poprzez ograniczenie zużycia materiałów i energii.

8) Szkolenia

   Ciągłe podnoszenie umiejętności technicznych personelu oraz doskonalenie w technikach rozwiązywania problemów. Samodzielne przeprowadzanie mniej skomplikowanych napraw przez operatorów maszyn.

Kluczowym wskaźnikiem do zbadania całkowitej efektywności maszyn jest wskaźnik **OEE** (ang. *Overall Equipment Effectiveness*). To najczęściej wykorzystywany przez menedżerów wskaźnik do oceny wydajności maszyn, linii produkcyjnych, czy też oddziałów zakładowych, uwzględniający sześć wielkich strat podczas pracy maszyny. Jego wartość powyżej 60% uważana jest za pożądaną. Wskaźnik OEE obliczany jest na podstawie wzoru[174]:

$$\boldsymbol{OEE} = A \cdot P \cdot Q \cdot 100\% \tag{1}$$

gdzie:

A – dostępność – czas produkcji pomniejszony o planowane przerwy i nieplanowane zdarzenia (awarie); oblicza się według wzoru:

$$\boldsymbol{A} = \frac{czas\ zmiany - czas\ przestoju}{czas\ zmiany} \tag{2}$$

[174] A. Gola, E. Kosicka, K. Daniewski, D. Mazurkiewicz, *Analiza błędów przy ocenie wskaźnika OEE na przykładzie linii rozlewu butelkowego* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Zarządzania Produkcją, Opole 2016, s. 559-560.

P – wydajność – stosunek produkcji rzeczywistej (liczba wytworzonych wyrobów) do docelowej wielkości produkcji, uwzględnia czynniki zmniejszające maksymalną prędkość produkcji (na przykład krótkie przerwy, uruchomienie maszyn); oblicza się według wzoru:

$$\boldsymbol{P} = \frac{produkcja\ rzeczywista}{produkcja\ docelowa} \tag{3}$$

Q – jakość – stosunek wyrobów spełniających standardy jakości do produkcji rzeczywistej; oblicza się ze wzoru:

$$\boldsymbol{Q} = \frac{produkcja\ rzeczywista - braki}{produkcja\ rzeczywista} \tag{4}$$

Metoda TPM wykorzystuje wiele innych wskaźników do pomiaru postępów w zakresie zwiększenia efektywności wykorzystania maszyn. Do szczegółowej analizy strat jakimi są awarie służą dwa kluczowe wskaźniki:

MTBF (ang. *Mean Time Between Failures*) – średni czas pracy pomiędzy występującymi awariami w ustalonym czasie. W przedsiębiorstwach wykorzystywany jest do ustalania harmonogramu przeglądów profilaktycznych. Oblicza się go ze wzoru:

$$\boldsymbol{MTBF} = \frac{czas\ pracy}{liczba\ awarii\ w\ ustalonym\ czasie}\ [\text{min}] \tag{5}$$

MTTR (ang. *Mean Time To Repair*) – średni czas potrzebny do usunięcia awarii liczony od momentu zgłoszenia do zakończenia. W przedsiębiorstwach wykorzystywany jest do oceny efektywności pracowników działu utrzymania ruchu oraz do oceny prowadzonych przez nich napraw. Oblicza się go ze wzoru:

$$\boldsymbol{MTTR} = \frac{czas\ napraw}{liczba\ awarii}\ [\text{min}] \tag{6}$$

Analizę powyższych wskaźników należy prowadzić poprzez śledzenie ich trendów w dniach, tygodniach lub miesiącach. Dzięki temu można zauważyć czy działania TPM przynoszą efekty[175].

Na uwagę zasługuje fakt, iż w ostatniej dekadzie wzrosła świadomość osób zarządzających, dotycząca efektywnego wykorzystania parku maszynowego oraz możliwości włączenia pracowników do utrzymania jego w pełni sprawnego stanu. Poprzez zaangażowanie wszystkich osób w przedsiębiorstwie do utrzymania ciągłości produkcji, koncepcja TPM stała się jednym z najczęściej stosowanych

[175] K. Antosz, D. Stadnicka, *Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results*, „Maintenance and Reliability" 2015, nr 17(1), s. 108-109.

narzędzi w czołowych przedsiębiorstwach krajów najbardziej rozwiniętych[176]. Dodatkowo, utrzymanie parku maszynowego w pełnej sprawności, a także zapewnienie jego dostępności jest korzystne z punktu widzenia (TO), ponieważ umożliwia ciągłość produkcji i optymalne wykorzystanie zasobów.

Kaizen

Kaizen to filozofia, której termin pochodzi od dwóch japońskich słów: „kai" oznaczającego zmianę i „zen" oznaczającego na lepsze. Kaizen można interpretować jako ciągłe, nieustanne doskonalenie. Jest to praktyka biznesowa, która ma na celu zaangażowanie w ciągłe doskonalenie oraz podnoszenie jakości przedsiębiorstwa i produktów. Głównym promotorem filozofii Kaizen uważa się japońskiego badacza Masaakiego Imai, który w 1986 roku wydał książkę pt. „Kaizen"[177].

Kaizen polega na nieustannym poszukiwaniu usprawnień swojego miejsca pracy oraz sposobu wykonywania czynności na danym stanowisku, a w efekcie na usunięciu niezgodności i zmniejszeniu marnotrawstwa. Należy dążyć do sytuacji, w której czynności wykonywane podczas pracy każdego pracownika będą tworzyć wartość dodaną. Wprowadzenie stopniowych zmian w przedsiębiorstwie wymaga zaangażowania pracowników każdego szczebla w ciągłe poszukiwanie pomysłów udoskonalania różnych obszarów przedsiębiorstwa oraz bazowania na istniejącej technologii. Proces ten odbywa się małymi krokami, jednak w dłuższej perspektywie czasowej przynosi pozytywne wyniki. W głównej mierze należy skupić się na identyfikowaniu i eliminowaniu marnotrawstwa oraz ustandaryzowaniu wdrożonych usprawnień w celu ich utrzymania oraz uzyskania jednolitej metody pracy w przedsiębiorstwie. Kaizen jest uważany za uniwersalne narzędzie, które sprawdzi się w każdej branży i w każdym przedsiębiorstwie. Poprzez doskonalenie różnych obszarów przedsiębiorstwa dąży do osiągnięcia celów, takich jak redukcja kosztów, skrócenie czasu realizacji procesu oraz poprawa jakości[178]. Filozofia Kaizen bazuje na 10 zasadach[179]:

1) Problemy stwarzają możliwości.
2) Odkryj prawdziwą przyczynę stosując metodę 5xWHY (5 razy „dlaczego?").
3) Szukaj prostych rozwiązań.
4) Przyjmuj wszystkie pomysły (usprawnienia).

---

[176] J. Lewandowski, B. Skołud, D. Plinta, *Organizacja systemów…*, op. cit., s. 304.

[177] S. Urban, *System Kaizen w przedsiębiorstwie Toyota Motor Manufacturing Poland*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki o Zarządzaniu" 2011, nr 164 Zarządzanie w praktyce, s. 167-168.

[178] A. Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria jakości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017, s. 193.

[179] K. Midor, M. Lenart, *Wdrożenie systemu Kaizen w firmie branży motoryzacyjnej – studium przypadku*, „Systemy wspomagania w inżynierii produkcji: Jakość i Bezpieczeństwo" 2015, z. 3(12), s. 119.

5) Wdrażaj możliwe rozwiązania.
6) Zapomnij o ustalonych procedurach wykonywania danej czynności.
7) Nie szukaj wymówek.
8) Użyj sprytu zamiast pieniędzy.
9) Pomyłki poprawiaj na bieżąco.
10) Ciągle poszukuj nowych usprawnień.

W przedsiębiorstwie system Kaizen jest realizowany w następujących etapach[180]:

1) identyfikacja problemu oraz znalezienie przykładów marnotrawstwa,
2) zbadanie sytuacji i zebranie danych w celu znalezienia przyczyny źródłowej problemu (najczęściej wykorzystywany jest diagram przyczynowo-skutkowy Ishikawy),
3) znalezienie rozwiązania problemu, przykładowe sposoby generowania pomysłów to: stosowanie „burzy mózgów" w małych grupach, gotowe wzorce pomysłów, analiza ekonomii ruchów,
4) stworzenie planu dalszych działań (ocena pomysłu, oszacowanie opłacalności, wady rozwiązania),
5) wdrożenie pomysłu i sprawdzenie jego rezultatów.

Ważnym elementem Kaizen jest przeprowadzanie akcji informacyjnych wśród pracowników. Należy zapoznać ich z działaniem systemu Kaizen w przedsiębiorstwie oraz przedstawić zasady jego realizacji. Kolejnym ważnym aspektem jest utworzenie systemu nagród w celu motywowania pracowników do zaangażowania i chęci zgłaszania pomysłów usprawnień[181].

Korzyści wynikające z wdrożenia Kaizen w przedsiębiorstwie można oszacować na podstawie poszczególnych usprawnień. Wszystkie wdrożenia eliminujące marnotrawstwo będą generować oszczędności powiązane z kosztem jednostkowym. Kaizeny (potoczna nazwa wdrożonych usprawnień) dotyczące optymalizacji procesu będą powiązane ze skróceniem czasu przezbrojeń, co korzystnie wpłynie na wskaźniki efektywności pracy, wskaźniki jakościowe i wydajnościowe (poprawę przepływu produkcyjnego). Dodatkowo pomogą zmniejszyć liczbę wypadków przy pracy, korzystnie wpłyną na zadowolenie klientów, podniosą morale pracowników oraz ich chęć ciągłego uczenia się. Korzyści wynikające z wdrożenia Kaizen są wprost proporcjonalne do wzrostu doświadczenia i kwalifikacji pracowników[182].

---

[180] Ibidem, s. 120.

[181] G. Ćwikła, C. Grabowik, A. Gwiazda, K. Kalinowski, R. Gmur, *Ocena działania systemu ciągłego doskonalenia Kaizen w przykładowej firmie* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s. 294.

[182] K. Midor, M. Lenart, *Wdrożenie systemu Kaizen…*, op. cit., s. 128.

Standaryzacja pracy

Według słownika wyrazów obcych słowo „standard" oznacza wzorzec. Zatem standaryzacja pracy polega na wyznaczeniu takiego wzorca, który będzie podstawą działania pracowników na stanowiskach pracy. Standaryzacja określa procedury i sekwencje dla procesów oraz operacji, których celem jest umożliwienie zastępowalności pracownika w razie konieczności, bez straty dla procesu produkcji. Opisuje szczegółowy sposób wykonywania pracy, oprzyrządowanie stanowiska oraz niezbędne materiały[183].

Cel standaryzacji pracy jest określony na podstawie czasu taktu, czyli rytmu w jakim powinny przechodzić wyroby przez proces, aby zrealizować zamówienie klienta w określonym czasie. Ciągłe usprawnianie czynności wykonywanych na stanowiskach pracy wpływa na skracanie czasu cyklu, czyli eliminację marnotrawstwa. Pracownik powinien wykonywać tylko te działania, które przynoszą wartość dodaną. Jeżeli stanowisko zostanie pozbawione marnotrawstwa, należy zapewnić warunki umożliwiające odtwarzanie sposobu pracy poprzez opracowanie standardu[184]. Przygotowanie standardu pracy wymaga potwierdzenia stabilizacji procesu. Wówczas opracowany standard nie dotyczy chwilowej poprawy procesu. Przygotowanie standardów pracy odbywa się według następujących etapów[185,186]:

1) identyfikacja i analiza procesów pod kątem wykonywanych czynności i marnotrawstwa – porównanie stanu rozpoznanego z oczekiwanym,
2) znaczenie standardu – ustalenie potrzeby nowego rozwiązania,
3) opracowywanie standardu – ustalenie czynności naprawczych i nowego sposobu wykonywania pracy,
4) implementacja standardu – wdrożenie zaproponowanych zmian,
5) monitoring i kontrola standardu – ocena skuteczności zaproponowanych zmian,
6) wdrożenie drobnych zmian – ustalenie i wprowadzenie zmian naprawczych.

Do najczęstszych form dokumentacji standardu należy arkusz/karta standaryzacji pracy. Zawiera standard wykonania całego procesu lub każdej operacji dla jednego lub kilku operatorów, w ustalonej sekwencji, wraz z czasem trwania każdej czynności. Opracowanie sekwencji wykonywania poszczególnych czynności ma na celu zapewnienie powtarzalności procesu oraz redukcję błędów. Dodatkowo musi zawierać podstawowe informacje, takie jak nazwa procesu, obszar, data opracowania i autor, lista niezbędnych narzędzi[187]. Osobą tworzącą standardy pracy

---

183 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 315.

184 J. Czerska, *Podstawowe narzędzia Lean Manufacturing*, LeanQTeam, Gdańsk 2014, s. 57-59.

185 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 317.

186 K. Kolińska, A. Koliński, *Zastosowanie standaryzacji pracy w celu poprawy efektywności produkcji*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2013, nr 61, s. 67.

187 E. Pająk, *Zarządzanie…*, op. cit., s. 318.

powinien być pracownik o najwyższych kwalifikacjach oraz dobrze znający proces. Do poszukiwania najskuteczniejszej metody pracy powinni być zaangażowani inni pracownicy, natomiast sprawdzenie standardów powinno odbywać się przez pracowników spoza obszaru [188]. Opracowane standardy nie są stałe. Opisują najlepszy sposób wykonania pracy w danej chwili, jednak wraz z pojawieniem się nowych usprawnień należy zmienić standard[189].

Standaryzacja jest nieodłącznym elementem procesu ciągłego doskonalenia. To etap konieczny, w którym bez ustalenia w pełni powtarzalnej sekwencji zdarzeń, nie jest możliwa poprawa realizacji procesów. Standaryzację pracy należy wdrażać w tych obszarach, które mają największe znaczenie z punktu widzenia celu przedsiębiorstwa. Zazwyczaj największe straty występują w obszarach obejmujących: czasy i metody produkcji, wydajność procesu przy założonej liczbie przezbrojeń, przeglądy maszyn i urządzeń, szkolenia, obsługę klienta [190]. Standaryzacja sprzyja utrzymaniu wysokiej produktywności, bezpieczeństwu pracy, redukcji kosztów oraz wspomaga zaangażowanie pracowników. Wdrożenie standaryzacji skraca czas przyswojenia wiedzy przez nowych pracowników, co w efekcie poprawia płynność przepływów w przedsiębiorstwie, związanych z zakłóceniami wynikającymi z rotacji kadry pracowniczej[191].

Outsourcing

Termin outsourcing pojawił się już na przełomie XIX i XX wieku. W 1923 roku Henry Ford przekonywał, że „Jeśli jest coś, czego nie potrafimy zrobić wydajniej, taniej i lepiej niż konkurenci, nie ma sensu, żebyśmy to robili. Powinniśmy zatrudnić do wykonania tej pracy kogoś, kto zrobi to lepiej niż my". Outsourcing pochodzi z języka angielskiego oraz jest skrótem wyrażenia *outside-resource-using*, czyli korzystanie ze źródeł zewnętrznych. To lokowanie pewnych zasobów przedsiębiorstwa poza swoim obszarem, w celu usprawnienia jego funkcjonowania[192]. Obecnie zjawisko outsourcingu należy rozpatrywać nie tylko z punktu widzenia przedsiębiorstw specjalizujących się w świadczeniu usług outsourcingowych, ale też przedsiębiorstw korzystających z takich usług[193].

---

188 J. Czerska, *Podstawowe narzędzia…*, op. cit., s. 62.

189 Ibidem, s. 57.

190 J. Lipiak, K. Ejsmont, *Standaryzacja procesu druku fleksograficznego a zmian wskaźnika OEE – studium przypadku* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s. 1.

191 J. Czerska, *Podstawowe narzędzia…*, op. cit., s. 64.

192 W.M. Grudzewski, I.K. Hejduk, *Metody projektowania systemów zarządzania*, Difin, Warszawa 2004, s. 210.

193 D. Nowak, *Production-operation management. The chosen aspects*, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań 2021, s. 106.

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele definicji outsourcingu. Według Trockiego *outsourcing* to określenie funkcji ze struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa oraz przekazanie ich do realizacji zewnętrznym podmiotom gospodarczym [194]. Według Kopczyńskiego *outsourcing* polega na przekazaniu zasobów przedsiębiorstwa na zewnątrz w celu długookresowej współpracy [195]. Natomiast amerykański pionier outsourcingu, Greaver, definiuje go jako przekazanie zewnętrznym usługodawcom wewnętrznych zadań przedsiębiorstwa, na podstawie warunków ustalonych w umowie kontraktowej[196].

Istota outsourcingu polega zatem na przekazywaniu części zadań do wyspecjalizowanego partnera zewnętrznego, uwzględniając korzyści ekonomiczne pomiędzy stronami. Dzięki temu przedsiębiorstwo może skoncentrować się na zasadniczej działalności, która umożliwia przewagę konkurencyjną [197]. Jego strategiczny wymiar jest spowodowany próbą dostosowania wielkości przedsiębiorstwa do często zmieniających się wymagań otoczenia (na przykład klienta). Przedsiębiorstwa decydują się na takie rozwiązanie traktując outsourcing jako rodzaj strategii umożliwiającej zwiększenie elastyczności produkcji, obniżenie kosztów lub poprawę funkcjonowania. Inne korzyści wynikające z zastosowania outsourcingu to między innymi doskonalenie produkowanych wyrobów, dostęp do innowacji, usprawnienie przepływu produkcyjnego, zapewnienie ciągłości produkcji, zmniejszenie inwestycji, rozwój działalności operacyjnej, na przykład zwiększenie wydajności, czy poprawa jakości.

W praktyce wyróżnia się dwa rodzaje outsourcingu – selektywny i całościowy. Przedsiębiorstwa produkcyjne znacznie częściej wybierają outsourcing selektywny niż outsourcing całościowy. Selektywny, czyli taki, gdzie jedynie część procesu produkcyjnego jest zlecana na zewnątrz do wyspecjalizowanych przedsiębiorstw. Przykładem może być wybrany proces produkcyjny, linia produkcyjna lub zespół pracowników o odpowiednich kompetencjach. Natomiast outsourcing całościowy polega na przekazaniu przedsiębiorstwu zewnętrznemu całego zlecenia produkcyjnego[198].

Wyróżnia się trzy poziomy outsourcingu: taktyczny, strategiczny, transformacyjny. Outsourcing taktyczny jest wykorzystywany do rozwiązywania

---

[194] M. Trocki, *Outsourcing. Metoda restrukturyzacji działalności gospodarczej*, PWE, Warszawa 2001, s. 13.

[195] T. Kopczyński, *Outsourcing w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010, s. 46-47.

[196] M.F. Greaver, *Strategic Outsourcing. A Structural Approach to Outsourcing Decisions and Initiatives*, Amacom, New York 1999, s. 3.

[197] M. Źródło-Loda, *Outsourcing w zarządzania organizacją* [w:] „Prace Naukowo-Dydaktyczne PWSZ im. S. Pigonia w Krośnie" 2015, z. 68, s. 395.

[198] A. Hyla, *Outsourcing w firmie produkcyjnej – zalety i wady*, „Inżynieria & Utrzymanie Ruchu" 2016, nr 2(113), s. 94.

problemów przedsiębiorstwa, takich jak na przykład niewystarczające fundusze na inwestycje lub nieopłacalność inwestycji, redukcja zatrudnienia, brak dostępu do nowoczesnych metod stosowanych w danym obszarze. Podstawą współpracy z usługodawcą jest umowa (kontrakt) zawierająca szczegółowe postanowienia opisujące zapewnienie klientowi wyższego poziomu jakości w porównaniu do samodzielnego wykonania, przy niższych kosztach oraz mniejsze zaangażowanie klienta w realizację zlecenia (jednak nie wyklucza klienta całkowicie). W umowie opisane są metody realizacji zlecenia, jak również przewidywane efekty. Outsourcing strategiczny koncentruje się na wykorzystaniu możliwości oferowanych przez rynek. Wskazuje na długoterminowe cele przedsiębiorstwa. Może dotyczyć konkretnych obszarów działania, produktu lub segmentu rynku. Jego celem jest dostarczenie klientowi wartości dodanej. Outsourcing transformacyjny jest najlepiej rozwiniętą formą współpracy. Usługodawca przekształca metody wykorzystywane do wykonania zlecenia oraz uczestniczy podczas usprawnień procesów u klienta[199].

Należy podkreślić, że nie każdy proces produkcyjny można zlecić na zewnątrz. Przedsiębiorstwa realizujące zaawansowane projekty nie zawsze są w stanie sprostać wymaganiom niektórych zleceniodawców. Rozwiązaniem tego problemu może być zatrudnienie i przeszkolenie personelu oraz zakup niezbędnych maszyn. Jednak takie inwestycje obciążają finansowo przedsiębiorstwo, dlatego należy oszacować ich opłacalność oraz przemyśleć ścieżki jego wdrożenia[200].

Z perspektywy TO, przedsiębiorstwa, które decydują się na usługi outsourcingu, tymczasowo korzystają z nich w okresach zwiększonego zapotrzebowania, wynikającego z większego popytu. Jest to strategiczny wybór, dokonywany zanim podejmą decyzję o zwiększeniu swojej zdolności produkcyjnej, na przykład poprzez inwestycję w nowe maszyny.

[199] D. Nowak, *Production-operation management…*, op. cit., s. 108.

[200] A. Hyla, *Outsourcing w firmie produkcyjnej…*, op. cit., s. 96.

3. Teoria Ograniczeń a koncepcje doskonalenia systemów produkcyjnych

3.1. Lean Manufacturing

Obecnie, aby sprostać wymaganiom rynku i konkurować z innymi przedsiębiorstwami, niezbędne jest umiejętne zarządzanie procesami produkcyjnymi i biznesowymi. Dlatego też właściciele i zarządy przedsiębiorstw coraz bardziej interesują się wdrożeniem koncepcji takich jak Lean Manufacturing (LM).

Koncepcja LM powstała w latach 50. i 60. XX wieku. Została opracowana przez japońskie przedsiębiorstwo motoryzacyjne Toyota, wykorzystując techniki przedsiębiorstwa Ford, która w tamtym czasie była uważana za najbardziej zaawansowaną i efektywną na świecie. Henry Ford wprowadził innowacyjny system produkcji zwany „flow production", polegający na taśmowym montażu samochodu. Dzięki temu systemowi zrewolucjonizował sposób wytwarzania i umożliwił produkcję samochodów na dużą skalę w krótkim czasie. Niestety system ten przyniósł także pewne ograniczenia. Toyota zauważyła, że produkcja Forda skupiała się na masowej produkcji jednego modelu, a to prowadziło do nadmiernych zapasów i zwiększonych kosztów magazynowania. W związku z tym Taichii Ohno oraz Shigeo Shingo bazując na systemie produkcyjnym Forda, opracowali własny model produkcji, obejmujący całościowe podejście do organizacji produkcji, nazywany *Toyota Production System* (TPS), w którym główny nacisk położony został na minimalizację poziomu zapasów. Głównym założeniem było usunięcie wszelkiego marnotrawstwa, rozumianego jako czynności nie przynoszące wartości dodanej. Założenia te określono mianem „*Just-in-Time*" (JiT) (dokładna ilość, we właściwym czasie) oraz „*jidoka*" (stopniowe wykrywanie problemów). Według autorów, odchudzona produkcja „umożliwia produkowanie coraz więcej, wykorzystując coraz mniej – mniej ludzkiego wysiłku, urządzeń, czasu i miejsca – przy jednoczesnym zbliżaniu się do osiągnięcia celu, jakim jest dostarczenie klientom dokładnie tego, czego chcą"[201]. TPS to nie tylko zestaw narzędzi. To wyrafinowany system produkcji, w którym każdy element składa się na całość. System oparty na stylu Toyoty to organizacja ciągle rozwijająca się, a także adaptująca swoje systemy techniczne i społeczne w celu nieustannego poprawiania wyników oraz zapewnienia jej długoterminowego przetrwania, generowania wartości dla społeczeństwa i interesariuszy. Aby to osiągnąć musi stać się organizacją uczącą, stale udoskonalającą swoje procesy[202]. Podejście Toyoty do produkcji samochodów i nieodłączne kontrole jakości zrewolucjonizowały cały przemysł, a łańcuch dostaw

[201] P.J. Womack, T.D. Jones, D. Roos, *The machine that changed the world*, Free Press, 1990.

[202] K.J. Liker, *Toyota and Kiichiro Toyoda: Building a company and a production system based on values*, Handbook of East Asian Entrepreneurship, 2014, s. 204-213.

Toyoty w systemie JiT stał się zwrotem dla producentów na świecie, nie tylko w przemyśle samochodowym. Wraz z wdrożeniem nowoczesnych rozwiązań organizacyjnych, zauważono, że zarówno produktywność, jak i jakość rosną, co skłoniło do wzrostu zainteresowania TPS także w Stanach Zjednoczonych.

Termin Lean, oznaczający „szczupły" oraz Lean Manufacturing, oznaczający „szczupłe wytwarzanie" zostały po raz pierwszy użyte w artykule „Triumf systemu Lean Production" Johna Krafcika opublikowanym w MIT Sloan Management Review 1988 roku[203]. Następnie zostały podejmowane badania naukowe mające na celu przedstawienie przyczyn powodujących zwiększenie różnic konkurencyjności przedsiębiorstw przemysłowych na świecie. Najbardziej znaczącą inicjatywą był międzynarodowy projekt badawczy IMVP (ang. *International Motor Vehicle Program*) poświęcony przemysłowi motoryzacyjnemu, przeprowadzony przez zespół naukowców z Massachusetts Institute od Technology w Stanach Zjednoczonych. W projekcie tym między innymi uczestniczyli James Womack, Daniel Jones i Daniel Ross[204], amerykańscy inżynierowie, którzy w 1985 roku rozpoczęli podróże po zakładach motoryzacyjnych na całym świecie, analizując tamtejsze procesy produkcyjne. Po zebraniu i przeanalizowaniu danych stwierdzili, że najlepszym przedsiębiorstwem motoryzacyjnym jest Toyota, stosująca system TPS. Autorzy stworzyli zbiór narzędzi i metod oparty na TPS, który daje najlepsze rezultaty w tworzeniu skutecznej organizacji produkcji, znany dzisiaj jako LM. System Produkcyjny Toyoty oparty na filozofii LM jest uważany za jedną z najskuteczniejszych metod zarządzania produkcją na świecie. To kompleksowa metoda zarządzania produkcją, pozwalająca firmom osiągnąć wyższą wydajność, poprawić jakość produktów i zwiększyć zyski. Rozwój LM na przestrzeni lat przebiegał następująco:

- w latach 1950-1960 inżynier Taiichi Ohno stworzył TPS,
- w 1990 roku James Womack opublikował książkę „*The Machine That Changed The World*", wprowadzając pojęcie LM do światowej gospodarki,
- w latach 1990-2000 LM stał się bardziej popularny w Stanach Zjednoczonych i Europie,
- LM przenosił się poza przemysł produkcyjny i zaczął być stosowany w coraz szerszym zakresie sektorów gospodarki, takich jak usługi finansowe, ochrona zdrowia i logistyka,
- w 2007 roku powstała organizacja Lean Global Network skupiająca wiodących ekspertów z dziedziny LM na całym świecie,
- obecnie, wraz z rozwojem technologii, powstał nowy kierunek – Lean 4.0, łączący w sobie LM z Przemysłem 4.0,

---

[203] J.F. Krafcik, *Triumph of the Lean Production System*, „MIT Sloan Management Review", Fall 1988, Vol. 30, nr 1, s. 41-52.

[204] P.J. Womack, T.D. Jones, D. Roos, *The machine…*, op. cit., s. 293-294.

– rozwój technologii i Internetu Rzeczy (IoT) umożliwił zastosowanie nowych narzędzi LM, takich jak cyfrowe systemy wizualizacji procesów i automatyzacja produkcji.

Głównym celem LM jest redukcja kosztów poprzez ograniczenie liczby działań nieprzynoszących wartości, w celu zmniejszenia kosztów, poprawy efektywności, zwiększenia elastyczności i maksymalizacji generowania wartości dla klientów[205]. Co nie dodaje wartości do produktu uważane jest za „marnotrawstwo" zasobów (*muda*)[206], zdefiniowane jako wszystkie czynności, inwestycje i procesy nie dodające wartości do produktu lub usługi z punktu widzenia klienta. Każda aktywność, działanie nietworzące wartości dla klienta jest marnotrawstwem[207], które należy redukować lub wyeliminować[208]. Jest filozofią zarządzania rozważającą wykorzystanie zasobów do dowolnego celu z tworzeniem wartości dla końcowego odbiorcy[209], dostarczając produkty wysokiej jakości przy niskich kosztach oraz z wysoką produktywnością[210]. James Womack i Daniel Jones opisują, iż organizacja stosująca Lean Manufacturing musi spełniać pięć następujących zasad:

1. Definiowanie wartości dla klienta (ang. *Value*)

   Wartość to wszystkie procesy, które są w stanie zaspokoić potrzeby i oczekiwania klienta[211]. Klient stanowi kluczowe źródło definiowania wartości, co oznacza, że to na nim producent powinien się skupić i zrozumieć jego potrzeby. W celu dokładnego określenia wartości producent musi przeprowadzić wspólną analizę z klientem, aby poznać jego potrzeby i oczekiwania. Wartość dla klienta powinna być najważniejszym aspektem przy podejmowaniu decyzji dotyczących produkcji, ponieważ pozwala na stworzenie produktów i usług, które będą zaspokajać jego potrzeby i oczekiwania. Działania przedsiębiorstw powinny być ukierunkowane na

---

[205] M. Bevilacqua, F.E. Ciarapica, I. De Sanctis, *Lean practices implementation and their relationships with operational responsiveness and company performance: an Italian study*, „International Journal of Production Research" 2017, nr 55(3), s. 769–794.

[206] T. Ohno, *Toyota Production System. Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, New York 1988.

[207] M. Bevilacqua, F.E. Ciarapica, I. De Sanctis, *Lean practices…*, op. cit., s. 770.

[208] A. Ghobadian, I. Talavera, A. Bhattacharya, V. Kumar, J.A. Garza-Reyes, N. O'Regan, *Examining legitimatisation of additive manufacturing in the interplay between innovation, lean manufacturing and sustainability*, „International Journal of Production Economics" 2018.

[209] L. Varela, A. Araújo, P. Ávila, H. Castro, G. Putnik, *Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability*, „Sustainability" 2019, nr 11(5), 1439, s. 17.

[210] M. Franchetti, K. Bedal, J. Ulloa, S. Grodek, *Lean and green: Industrial engineering methods are natural stepping stones to green engineering*, „Industrial Engineer Journal" 2009, nr 41, s. 24-30.

[211] G. Dilsad, A. Shahbazpour Asiabi, I*ncreasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study)*, „Technical Journal" 2022, nr 16(1), s. 82-92.

zwiększenie wartości dla klienta, a te, które nie dodają wartości, a jedynie zwiększają koszty operacji, definiowane są w szczupłej produkcji jako odpady.

2. Definiowanie strumienia wartości (ang. *Value Stream Mapping*)

   Strumień wartości to zbiór działań niezbędnych do wytwarzania produktu, obejmujący trzy obszary zarządzania: rozwiązywanie problemów, zarządzanie informacją oraz cały proces od pozyskania surowców do wytworzenia gotowego produktu. W skład tych działań wchodzą trzy kategorie: czynności dodające wartość, czynności niezbędne jednak niedodające wartości oraz czynności zbędne i niedodające wartości. Celem zasady strumienia wartości jest identyfikacja wszystkich działań niezbędnych do produkcji produktu oraz opracowanie planu działań mających na celu zwiększenie wartości dla klienta[212]. Metoda mapowania strumienia wartości umożliwia zobrazowanie całego procesu produkcyjnego wraz z identyfikacją marnotrawstwa oraz określeniem działań, które należy podjąć, aby zwiększyć wartość dla klienta. Wynikiem zastosowania zasady strumienia wartości jest skrócenie czasu cyklu produkcji, zmniejszenie zapasu produktu oraz obniżenie kosztów operacyjnych.

3. Zapewnienie ciągłego przepływu wartości (ang. *Flow*)

   Zasada ciągłego przepływu w produkcji wymaga, aby proces był nieprzerwany i pozbawiony wadliwych produktów oraz oczekiwania na kolejne czynności. Osiągnięcie tego celu jest możliwe poprzez usunięcie barier organizacyjnych, zakłócających przepływ oraz dostosowanie planu rozmieszczenia parku maszynowego i zdolności produkcyjnych. Wszystkie procesy powinny zostać zaprojektowane tak, aby maksymalizować wartość przepływu, eliminując tym samym wszelkie przeszkody i nieefektywne działania.

4. Pobieranie informacji zwrotnej od klienta (ang. *Pull*)

   Zasada ta dotyczy produkcji wtedy, gdy jest to potrzebne, co zapewnia płynny przepływ wartości bez zbędnych przestojów i opóźnień. Celem jest redukcja zapasów oraz minimalizacja partii produkcyjnych poprzez produkcję według aktualnego zapotrzebowania klienta. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie marnotrawstwa, takiego jak nadmierne zapasy oraz straty materiałowe. Elastyczne podejście umożliwia szybkie reagowanie na ciągłe zmiany potrzeb klienta.

5. Dążenie do doskonałości (*Kaizen*)

   Zasada zakłada, że każdy proces produkcyjny może być analizowany i ulepszany, dlatego należy dążyć do jego ciągłego doskonalenia. Kaizen jest procesem ciągłym wymagającym zaangażowania wszystkich pracowników,

[212] A. Wityk, *Zasady Lean Manufacturing* [w:] D. Stadnicka (red.), *Lean Manufacturing Kompendium wiedzy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2021, s. 18.

a także wyższego kierownictwa. Wszyscy pracownicy powinni być angażowani w identyfikowanie problemów i przyczyn marnotrawstwa oraz w poszukiwanie rozwiązań, pozwalających na poprawę jakości, efektywności i wartości dla klienta. Szersze omówienie metody Kaizen zostało przedstawione w podrozdziale 2.4.

Przedstawione zasady LM należy traktować jako drogowskazy, które ukazują właściwy kierunek myślenia[213]. Aby stać się „szczupłym" producentem, należy przyjąć sposób myślenia, skupiający się na ciągłym przepływie produktu przez procesy dodające wartość w oparciu o system „pull". Wdrożenie takiego systemu wymaga także kultury ciągłego doskonalenia, w której wszyscy pracownicy dążą do nieustannego poprawiania procesów. Zgodnie z koncepcją LM przedsiębiorstwo powinno funkcjonować jako jeden zintegrowany system, w którym procesy są zaprojektowane tak, aby zapewnić maksymalną wartość dla klienta, minimalizację marnotrawstw oraz wysoką jakość produktów i usług[214].

W ramach koncepcji wyróżnia się osiem rodzajów marnotrawstwa, z których ósmy, znany jako utracony potencjał ludzki, pojawił się wraz z postępem organizacji i rosnącym znaczeniem wiedzy, a także doświadczenia pracowników[215,216]:

1. **Nadprodukcja** polega na wytwarzaniu produktów lub usług w większej liczbie niż jest to aktualnie potrzebne. Takie działanie prowadzi do gromadzenia nadmiernych zapasów, generujących straty czasowe, materialne i zasobów ludzkich, co z kolei zwiększa koszty produkcji. Nadprodukcja wynika z niewłaściwego rozplanowania pracy na stanowiskach produkcyjnych, braku informacji o liczbie wymaganych wyrobów, różnej wydajności maszyn oraz długiego czasu ich przezbrajania oraz nieuwzględnienia potrzeb rynku zbytu. Nadprodukcja prowadzi do trudności ze sprzedażą wyprodukowanych wyrobów, co z kolei powoduje straty finansowe dla przedsiębiorstwa. Aby zapobiec temu problemowi, można wprowadzić poziomowanie produkcji, czyli dostosowanie produkcji do aktualnego zapotrzebowania rynku.
2. **Oczekiwanie** to czas, w którym następuje bezczynność i prowadzi do zatrzymania lub spowolnienia procesu produkcyjnego. Bezczynność jest wynikiem oczekiwania na materiały, dokumenty, przezbrojenie maszyn lub decyzje. Może wynikać z błędów w planowaniu pracy na stanowiskach, niepoprawnego projektowania procesów, niepoprawnej dokumentacji lub braku standaryzacji pracy.

---

213 Ibidem, s. 42.

214 T. Ohno, *Toyota Production System…*, op. cit., s. 120.

215 K. Lisiecka, I. Burka, *Źródła powstawania marnotrawstwa w organizacjach na przykładzie usługowych przedsiębiorstw ciepłowniczych*, „Studia Ekonomiczne" 2015, nr 233, s. 75-92.

216 N. Krzyżek, *Rodzaje marnotrawstw według Lean Manufacturing* [w:] D. Stadnicka (red.), *Lean Manufacturing Kompendium wiedzy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2021, s. 22.

3. **Nadmierne zapasy** to materiały, komponenty, półprodukty lub wyroby gotowe, które przekraczają bieżące potrzeby produkcji. Ich gromadzenie powoduje zamrożenie kapitału, zajmuje cenne miejsce w magazynach i zwiększa koszty magazynowania. Przechowywanie nadmiaru zapasów prowadzi do marnotrawstwa czasu i zasobów, a także zwiększa ryzyko uszkodzenia produktów i utraty ich wartości.
4. **Nieprawidłowe przetwarzanie** to marnotrawstwo czasu i zasobów wynikające z niepotrzebnych czynności w procesie produkcyjnym, takich jak wielokrotna obróbka czy kontrola tego samego elementu procesu. Powstawanie tego rodzaju marnotrawstwa może być spowodowane nieodpowiednią jakością narzędzi, nieprawidłowym projektem, stosowaniem niewłaściwych procedur lub nieprzestrzeganiem wymagań klientów. Nadmierne przetwarzanie prowadzi do dodatkowych kosztów, a także zmniejszenia wartości dla klienta.
5. **Braki** to inaczej wady jakości. Powstają gdy produkty lub usługi nie spełniają wymagań klienta lub norm jakości, co zwiększa koszty napraw i reklamacji oraz ryzyko utraty nabywców. Przyczynami powstawania braków mogą być, na przykład niezrozumienie wymagań klientów, brak określonych procedur postępowania w przypadku defektu lub nieprawidłowe przeszkolenie pracowników.
6. **Zbędny transport** to niepotrzebne przemieszczanie surowców, półfabrykatów lub wyrobów gotowych między stanowiskami pracy, wydziałami lub magazynami. Może powstawać w przypadku produkcji w partiach, produkcji pchanej, nadprodukcji lub magazynowania.
7. **Zbędny ruch** to straty wynikające z niepotrzebnych czynności lub ruchów, które są nieistotne dla wykonywanej operacji. Może to być między innymi: sięganie po trudno dostępne części, nadmierne przemieszczanie się między stanowiskami pracy, szukanie dokumentacji, przyniesienie narzędzi. Takie marnotrawstwo może wynikać z braku organizacji procesów produkcyjnych lub złej metodyki pracy.
8. **Utracony potencjał ludzki** polega na braku angażowania pracowników w rozwiązywanie problemów. Taka sytuacja może znacznie spowolnić rozwój organizacji, a wysokie tempo pracy może hamować kreatywność pracowników i ograniczać ich rozwój[217].

Marnotrawstwo jest jednym z głównych wyzwań stojących przed przedsiębiorstwami w dzisiejszych czasach. Aby je zminimalizować, należy ciągle doskonalić procesy i eliminować działania nieprzynoszące wartości dla klienta. Generuje to dodatkowe koszty związane z magazynowaniem, transportem, dodatkowymi przerwami w produkcji, a także prowadzi do powstawania wadliwych produktów lub usług, co zwiększa koszty reklamacji i napraw. Ponadto prowadzi do

[217] *Lean Action Plan*, strona internetowa, https://leanactionplan.pl/marnotrawstwa/ [dostęp: 15.03.2023].

zwiększenia czasu produkcyjnego i spadku motywacji pracowników. Koncepcja LM skupia się na redukcji marnotrawstwa poprzez zaspokojenie potrzeb klientów, eliminacji działań, które nie przynoszą wartości i ciągłym doskonaleniu procesów produkcyjnych. LM osiąga swoje cele przy wykorzystaniu wielu narzędzi i technik [218] możliwych do wdrożenia w przedsiębiorstwie, które pomagają identyfikować, zapobiegać, a także eliminować zbędne operacje[219]. Aby wdrożyć LM w kontekście organizacyjnym, konieczne jest wykorzystanie narzędzi takich jak JIT), TPM i 5S połączonych ze wspólnym działaniem i motywowaniem wszystkich pracowników[220]. Część informacji na temat zagadnienia TPM i Kaizen omówiono w podrozdziale 2.4 dotyczącym technik i narzędzi usprawniających przepływ produkcji. Tabela 3.1 przedstawia główne narzędzia LM, które są stosowane w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Aby przedstawić najważniejsze narzędzia Lean do redukcji różnych rodzajów marnotrawstwa, przeprowadzono badania wśród przedsiębiorstw praktykujących tę koncepcję. Ideą badania było zdefiniowanie najlepszego zestawu narzędzi do redukcji każdej kategorii marnotrawstwa oraz ustalenie właściwej kolejności wdrażania narzędzi Lean. W wyniku badań ustalono, że najlepszymi technikami eliminacji marnotrawstwa są TPM, Poka-Yoke, Kaizen, 5S, Kanban, Six Big Loss, Heijunka, Takt Time, Andon, OEE, SMED i KPI. Niemniej jednak, aby rozpocząć każdą inicjatywę LM, zalecane są przede wszystkim techniki 5S, Kaizen, Kanban, Poka-Yoke i TPM[221] (niektóre z wymienionych technik zostały opisane w rozdziale 2.4). Narzędzia i techniki Lean są często wykorzystywane w przemyśle produkcyjnym, aby zapewnić dostawę produktów JiT oraz stworzyć wartość dla konsumenta przy minimalnym zużyciu zasobów[222].

---

[218] J. Pettersen, *Defining lean production: Some conceptual and practical issues*, TQM J 2009, nr 21, s. 127-142.

[219] P.K. Chen, I. Lujan-Blanco, J. Fortuny-Santos, P. Ruiz-de-Arbulo-López, *Lean Manufacturing and Environmental Sustainability: The Effects of Employee Involvement, Stakeholder Pressure and ISO 14001*, „Sustainability" 2020, nr 12(18), s. 7258.

[220] J.M. Rohani, S.M. Zahraee, *Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry*, „Procedia Manufacturing" 2015, nr 2, s. 6-10.

[221] I. Leksic, N. Stefanic, I. Veza, *The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction*, „Advances in Production Engineering & Management" 2020, 15(1), s. 82-83.

[222] D. Ng, G. Vail, S. Thomas, N. Schmidt, *Applying the Lean principles of the Toyota Production System to reduce wait times in the emergency department*, CJEM, 2010, nr 12(01), s. 52.

Tabela 3.1. Główne narzędzia Lean Manufacturing w kontekście produkcyjnym

Narzędzia	Opis
JiT	Ma na celu produkowanie tylko tego, co niezbędne w wymaganym czasie, terminie i liczbie. W przeciwieństwie do tradycyjnych procesów, ciągnie produkcję wzdłuż łańcucha dostaw, przetwarzając materiały tylko wtedy, gdy wymaga tego kolejna operacja. Z perspektywy zależności systemowych, JiT zmniejsza problemy z nadprodukcją, transportem, czasem realizacji, nadmiernym ruchem zasobów i wadami produktów.
Kanban	Pozwala osiągnąć minimalny zapas w każdym momencie. Narzędzie to sprawia, że procesy i materiały przepływają przez karty, które reprezentują sekwencję zamówień i zasobów na hali produkcyjnej. Karty te jednocześnie rejestrują główne informacje o efektywnym przepływie produkcji.
Poka-Yoke	To sposoby zapobiegania i wykrywania strat z każdego źródła, mogące w razie potrzeby automatycznie zatrzymać linię produkcyjną. Wyróżniają się prostotą obsługi i intuicyjnymi cechami konstrukcyjnymi. Pomagają zmniejszyć zmienność oraz utrzymać stabilność i kontrolę procesów produkcyjnych.
VSM	To wizualna prezentacja przepływu produkcyjnego, umożliwiająca systematyczną analizę procesów, która przenika przez różne poziomy struktury produkcyjnej. Analizę tę wykorzystuje się w celu eliminacji marnotrawstwa, usprawnienia zadań roboczych, redukcji czasu realizacji i kosztów oraz zwiększenia jakości produktywności.
Kaizen	Promuje ulepszenia w wyniku ciągłego doskonalenia, a wydarzenia Kaizen są często związane z technikami redukcji odpadów, czasem realizacji i równoważeniem stanowisk pracy.
TPM	Koncepcja ta ma na celu poprawę wydajności i jakości, a także motywowanie pracowników i przyczynianie się do satysfakcji z pracy. Posiada innowacyjne podejście do utrzymania ruchu, które optymalizuje efektywność sprzętu, eliminuje awarie i promuje bezobsługową konserwację operatora poprzez codzienne działania, które angażują pracowników.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: S.L. Valamede, C.S.A. Akkari, *Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean, Manufacturing Tools and Digital Technologies,* „International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences" 2020, nr 5(5), s. 851-868.

Przywództwo Lean jest istotnym elementem w procesie wdrażania i utrzymywania koncepcji ciągłego doskonalenia. Wymaga ono budowania kultury oraz systemu, które wpływają na zachowania i sposób myślenia pracowników. W ten sposób nacisk menedżerski zostanie zastąpiony przez nacisk pracowników, a system będzie zrównoważony niezależnie od indywidualnego lidera[223]. Niestety, przedsiębiorstwa wprowadzające praktyki LM zapominają o aspekcie ludzkim, skupiając się wyłącznie na redukcji marnotrawstwa, przynoszącego rezultaty dla

[223] B. Poksinska, D. Swartling, E. Drotz, *The daily work of Lean leaders – lessons from manufacturing and healthcare*, „Total Quality Management & Business Excellence" 2013, nr 24(7-8), s. 886–898.

systemów produkcyjnych[224]. Wprowadzenie zmian w kulturze organizacyjnej jest kluczowe dla sukcesu podejścia LM. Aby kultura Lean mogła zakorzenić się w organizacji, liderzy powinni tworzyć sprzyjające środowisko poprzez modelowanie zachowań, które tworzą wzajemne zaufanie pomiędzy liderami i pracownikami. Aby zapewnić trwałą transformację LM liderzy muszą posiadać wiedzę techniczną i umiejętności niezbędne do rozwoju swoich pracowników i pomocy im w stawaniu się osobami rozwiązującymi problemy z wykorzystaniem koncepcji[225]. Bardzo ważnym elementem jest, aby menedżerowie dbali o rozwój prawdziwej kultury Lean[226]. LM odgrywa istotną rolę w eliminacji marnotrawstwa, optymalizacji, monitorowaniu procesów, zaangażowaniu ludzi[227] oraz przyczynia się do kształtowania zachowań i postaw pracowników. Przyjęcie podejścia Lean w produkcji zmieni wiele w niemal każdej branży[228].

Praktyki Lean są powszechnie stosowane we wszystkich branżach [229]. Zastosowanie LM przynosi korzyści zarówno dla sektora usług jak i przemysłu produkcyjnego[230]. Dzięki niemu organizacje osiągają lepsze wyniki, poprawiają elastyczność, rentowność i wydajność[231], a także ciągle doskonalą swoje procesy[232]. Wdrożenie LM prowadzi również do redukcji kosztów produkcji [233], poprawy satysfakcji klienta, usprawnienia produkcji zgodnie z JiT, zwiększenia niezawodności produktów oraz poprawy ergonomii pracy pracowników[234]. Praktyki LM pozytywnie wpływają na wyniki operacyjne, finansowe i organizacyjne

---

224 L. Varela, A. Araújo, P. Ávila, H. Castro, G. Putnik, *Evaluation of the Relation between…*, op. cit., s. 17.

225 J.P. Womack, D.T. Jones, *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*, „Journal of the Operational Research Society" 1997, nr 48(11), s. 1148.

226 P.K. Chen, I. Lujan-Blanco, J. Fortuny-Santos, P. Ruiz-de-Arbulo-López, *Lean Manufacturing…*, op. cit., s. 7258.

227 S.M. Zahraee, A. Tolooie, S.J. Abrishami, N. Shiwakoti, P. Stasinopoulos, *Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation*, „Procedia Manufacturing" 2020, nr 51, s. 1380.

228 P.J. Womack, T.D. Jones, D. Roos, *The machine…*, op. cit., s. 92.

229 R. Shah, *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*, „Journal of Operations Management" 2003, nr 21(2), s. 134.

230 L.L.L. Negrão, M. Godinho Filho, G. Marodin, *Lean practices and their effect on performance: A literature review*, „Prod. Plan. Control" 2016, nr 28, s. 42-43.

231 C. Maware, M.O. Okwu, O. Adetunji, *A systematic literature review of lean manufacturing implementation in manufacturingbased sectors of the developing and developed countries*, „Int. J. Lean Six Sigma" 2021, nr 13, s. 534.

232 C.M.A. Pinto, J. Mendonça, L. Babo, F.J.G. Silva, J.L.R. Fernandes, *Analyzing the Implementation of Lean Methodologies and Practices in the Portuguese Industry: A Survey*, „Sustainability" 2022, nr 14, s. 1929.

233 A. Vanichchinchai, *The Effect of Lean Manufacturing on a Supply Chain Relationship and Performance*, „Sustainability" 2019, nr 11, s. 5751.

234 G.A. Marodin, T.A. Saurin, *Implementing lean production systems: Research areas and opportunities for future studies*, „Int. J. Prod. Res" 2013, nr 51, s. 6679.

przedsiębiorstw, a także mogą przyczynić się do osiągnięcia lepszych wyników w zakresie zrównoważonego rozwoju. Wykazano, że Lean prowadzi do redukcji odpadów i zanieczyszczeń [235]. Co więcej, stwierdzono, że przedsiębiorstwa wdrażające zasady Lean oraz uwzględniające praktyki ekologiczne, osiągają lepsze wyniki niż te, które tego nie robią[236]. Ten sukces dowodzi, że Lean jest uniwersalny i nie jest jedynie „chwilową modą"[237].

Niektóre organizacje mogą mieć problemy z wdrożeniem filozofii LM ze względu na ograniczenia czasowe[238], a inne nie doceniają korzyści wynikających z przyjęcia tej koncepcji. Badania wykazały, że LM nie jest przestarzały, a ważniejszy niż kiedykolwiek, aby wykorzystać pojawiające się technologie i przełożyć je na lepszą wydajność operacyjną [239]. LM stał się powszechnym podejściem do osiągania wysokiej wydajności procesów w organizacjach. Dzięki swojej elastyczności i zdolności do adaptacji do różnych branż, stanowi solidne fundamenty dla rozwoju nowych technologii, takich jak Przemysł 4.0 [240, 241, 242]. Pomimo różnic między tymi podejściami, ich cel ciągłego dodawania wartości do systemów produkcyjnych jest równoważny, co prowadzi do połączenia koncepcji w Lean 4.0. LM przyspiesza przepływ produkcji poprzez eliminację marnotrawstwa w procesach produkcyjnych, ułatwia cyfryzację etapów produkcji oraz kładzie nacisk na wizualną i przejrzystą kontrolę, umożliwiającą identyfikację błędów. Przemysł 4.0 natomiast umożliwia cyfryzację łańcucha wartości i udostępnia w czasie rzeczywistym dane dotyczące poziomu zapasów, stanu urządzeń

---

235 A.C. Lara, E.M.P. Menegon, S. Sehnem, E. Kuzma, *Relationship between Just in Time, Lean Manufacturing, and Performance Practices: a meta-analysis*, „Gestão & Produção" 2022, nr 29, s. 1-21.

236 S. Hartini, U. Ciptomulyono, *The Relationship between Lean and Sustainable Manufacturing on Performance: Literature Review*, „Procedia Manufacturing" 2015, nr 4, s. 38–45.

237 R. Cooney, *Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry*, „International Journal of Operations and Production Management" 2002, 22(10), s. 1145.

238 C. Maware, M.O. Okwu, O. Adetunji, *A systematic…*, op. cit., s. 535.

239 S.V. Buer, M. Semini, J.O. Strandhagen, F. Sgarbossa, *The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance*, „International Journal of Production Research" 2021, s. 15.

240 V. Bittencourt, A.C. Alves, C.P. Leão, *Industry 4.0 triggered by Lean Thinking: Insights from a systematic literature review*, „Int. J. Prod. Res" 2021, nr 59, s. 1496-1510.

241 C. Ciliberto, K. Szopik-Depczyńska, M. Tarczyńska-Łuniewska, A. Ruggieri, G. Ioppolo, *Enabling the Circular Economy transition: A sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0*, „Business Strategy and the Environment" 2021, nr 30, s. 3259.

242 P. Langlotz, C. Siedler, J.C. Aurich, *Unification of lean production and Industry 4.0*, Procedia CIRP 2021, nr 99, s. 15-20.

i lokalizacji produktów. W ten sposób technologie Przemysłu 4.0 zwiększają dojrzałość LM, a obie te koncepcje mogą ze sobą współpracować i uzupełniać się[243].

Na przestrzeni lat termin LM oraz związana z nim metodologia znacznie się rozwinęły i są obecnie stosowane we wszystkich branżach gospodarki. Co więcej, pojęcia takie jak Lean Services, Lean Healthcare czy Lean Construction zostały wprowadzone w celu podkreślenia specyfiki stosowanych metod w tych dziedzinach. Niemniej jednak podstawowe elementy LM wciąż opierają się na metodach opracowanych przez Ohno i Shingo w Toyocie. Kluczem do sukcesu jest dostosowanie rozwiązań do danego przemysłu i specyfiki konkretnego przedsiębiorstwa. Koncepcja Lean jest skutecznym podejściem do zarządzania, skupiającym się na zaspokojeniu potrzeb klientów poprzez minimalizację marnotrawstwa i zapewnienie wysokiej jakości produktów i usług. Umożliwia przedsiębiorstwom osiąganie wyższej efektywności, jakości procesów, zadowolenia klientów, a także pracowników. Jednocześnie, aby być skuteczną w zmieniającym się środowisku biznesowym, wymaga ona ciągłego doskonalenia, adaptacji i zmiany kultury organizacyjnej. W ramach koncepcji Lean jakość jest postrzegana jako podstawa konkurencyjności, dlatego niezbędne jest ciągłe doskonalenie procesów i wykorzystanie narzędzi takich jak Six Sigma, które pozwalają na identyfikowanie oraz eliminowanie źródeł błędów w procesie produkcyjnym lub usługowym.

3.2. Six Sigma

Six Sigma (SS) jest sposobem zarządzania przedsiębiorstwem dążącym do doskonałości [244]. Implementacja koncepcji oznacza wdrożenie specyficznego systemu zarządzania jakością, którego celem jest ograniczenie zmienności w procesach. System SS całkowicie koncentruje się na kliencie poprzez rozpoznanie oraz nazwanie jego potrzeb[245]. Koncepcja skupia się na doskonaleniu procesów, produktów oraz zasobów w celu coraz lepszego spełniania potrzeb klientów[246].

SS powstała w połowie lat 80. XX wieku w USA. Została opracowana przez firmę Motorola. W 1987 roku prezes Robert W. Galvin określił cel, aby do 1989 roku poprawić jakość produktów i usług 10-krotnie, 100-krotnie do 1991 roku oraz do 1992 roku osiągnąć jakość na poziomie 3,4 (trzy i cztery dziesiąte) wad na milion możliwości ich wystąpienia. W 1988 roku Motorola zdobyła niezwykle prestiżową

---

[243] S.L. Valamede, C.S.A. Akkari, *Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean, Manufacturing Tools and Digital Technologies*, „International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences" 2020, nr 5(5), s. 860.

[244] M. Ingaldi, *Wprowadzenie do metody Six Sigma*, „Quality Production Improvement" 2019, nr 1(10), s. 119.

[245] A.M. Tyszkiewicz, *Efektywna Six Sigma?: o wpływie Six Sigma na kondycję finansową firmy*, Wydawnictwo rozpisani.pl, Warszawa 2016, s. 7.

[246] A. Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria…*, op. cit., s. 183.

Amerykańską Nagrodę Jakości (ang. *Malcolm Baldridge National Quality Award*), dzięki której metoda SS zdobyła uznanie na świecie. W efekcie koncepcję zaczęły wdrażać takie przedsiębiorstwa jak General Electric, Allied Signal, Kodak czy Xerox[247]. Potwierdzeniem ponadprzeciętnej efektywności i użyteczności metodyki jest stale rosnąca liczba koncernów i korporacji międzynarodowych, takich jak Amazon.com, Dell Computer, Ford Motor Company, czy LG Electronics, wykorzystujących tę koncepcję zarządzania przez jakość[248].

W literaturze przedmiotu można znaleźć różne wyjaśnienia na czym polega SS. Douglas i Erwin[249] uznają, że SS mocno koncentruje się na kliencie, a nie na produkcie. Według Antony'ego[250] jest to systematyczna metodologia mająca opracowane statystyczne techniki i narzędzia służące do analizy krytycznych procesów lub produktów w celu osiągnięcia biznesowej i operacyjnej doskonałości. Natomiast według Grudowskiego i Wiśniewskiej[251] jest to podejście, które stawia sobie za cel udoskonalić procesy biznesowe, zidentyfikować i wyeliminować przyczyny błędów, skrócić czas cyklu równocześnie poprawiając wydajność procesów oraz poziom zadowolenia klienta. SS nie ma jednoznacznego i uniwersalnego wyjaśnienia, ponieważ mocno oddziałuje z kulturą organizacyjną każdego przedsiębiorstwa oraz przyjmuje indywidualną formę[252].

SS wyróżnia się na tle innych metod zarządzania jakością poprzez podejście do samej definicji jakości, której nie uznaje za wartość samą w sobie. Porównanie tradycyjnego podejścia do kosztów jakości oraz kosztów jakości według SS przedstawiono na rysunku 3.1. Zasadniczym celem koncepcji SS jest doskonalenie jakości procesów w wyniku znalezienia i usunięcia przyczyn błędów oraz zredukowania zmienności procesów produkcyjnych i biznesowych. Podsumowując, SS jest nastawiona na zmniejszenie kosztów przy jednoczesnym zwiększeniu satysfakcji klienta[253].

Tradycyjne podejście do kosztów jakości bazuje na przekonaniu, że wraz ze zmniejszaniem się wskaźnika wadliwości zwiększają się koszty kontroli jakości. Koszty rosną proporcjonalnie do spadku poziomu wadliwości. Natomiast w podejściu SS dąży się do eliminacji błędów, unikając w ten sposób kosztów „złej"

---

247 A.M. Tyszkiewicz, *Efektywna Six Sigma…*, op. cit., s. 9.

248 M. Nowicki, *Six Sigma* [w:] *Kompendium metod i technik zarządzania. Technika i ćwiczenia*, Wolters Kluwer Business, Warszawa 2015, s. 284.

249 P.C. Douglas, J. Erwin, *Six Sigma's focus on total customer satisfaction*, „Journal for Quality and Participation" 2000, nr 23(2), s. 46.

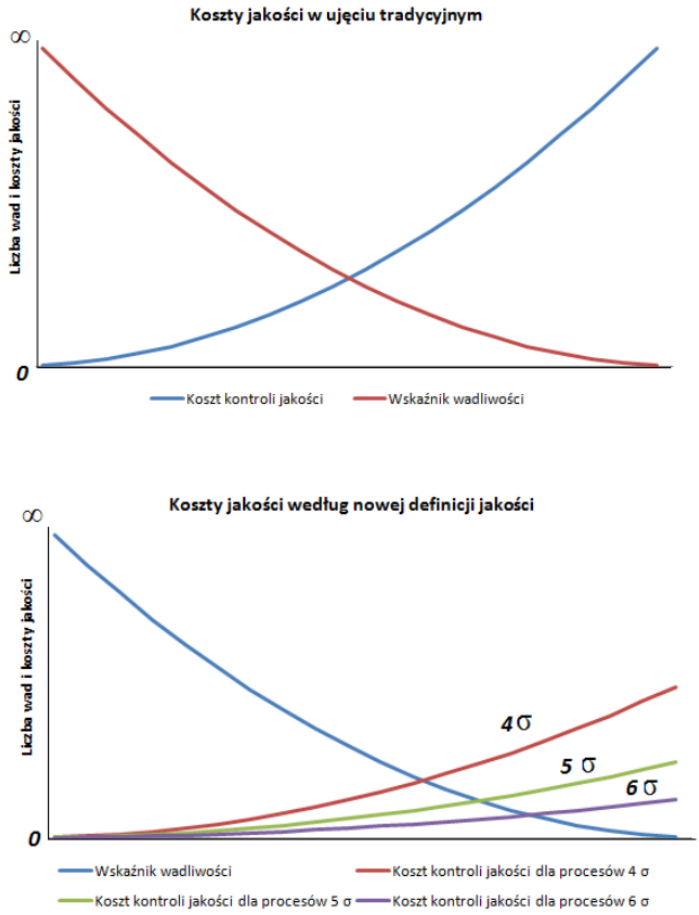
250 J. Antony, *Six Sigma: a strategy for supporting innovation in pursuit of business excellence*, „International Journal of Technology Management" 2007, nr 37(1-2), s. 9.

251 P. Grudowski, M. Wiśniewska, *Six Sigma w małych i średnich przedsiębiorstwach. Puste hasło czy konieczność?*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu" 2015, nr 376, s. 301.

252 M. Ingaldi, *Wprowadzenie do metody…*, op. cit., s. 120.

253 A. Hamrol, *Strategie i praktyki…*, op. cit., s. 185.

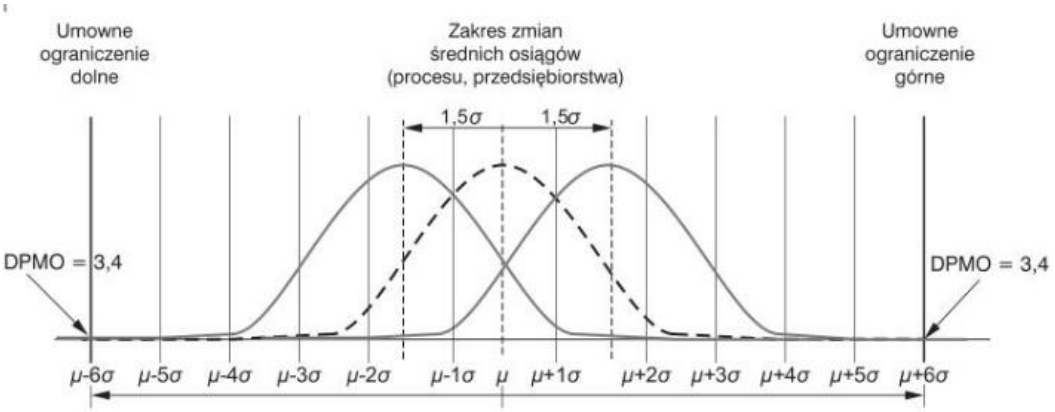
jakości oraz zmniejszając koszty kontroli jakości. A więc koszty kontroli jakości nie rosną proporcjonalnie do zmniejszania się wskaźnika wadliwości.



Rysunek 3.1. Porównanie kosztów jakości w ujęciu tradycyjnym i podejściu Six Sigma

Źródło: M. Nowicki, *Six Sigma* [w:] *Kompendium metod i technik zarządzania. Technika i ćwiczenia*, Wolters Kluwer Business, Warszawa 2015, s. 285.

Koncepcja SS bazuje na zaawansowanych technikach statystycznych. W statystyce sigma (σ) oznacza odchylenie standardowe zmiennej losowej od wartości średniej arytmetycznej. 6σ to odległość sześciu odchyleń standardowych od wartości średniej w lewo i w prawo (między linią centralną procesu, a górną, bądź dolną granicą specyfikacji). Matematyczną interpretację 6σ przedstawiono na rysunku 3.2.



Rysunek 3.2. Interpretacja Six Sigma – rozkład normalny

Źródło: A. Hamrol, *Strategie i praktyki sprawnego działania Lean, Six Sigma i inne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018, s. 53.

Rysunek 3.2. przedstawia graficzną postać rozkładu normalnego, który jest podstawą modelu SS (linia przerywana) oraz jego przesunięcia o 1,5 odchylenia standardowego (linie ciągłe) po obu stronach. Uwzględniając czynnik przesunięcia zabezpiecza się wyniki procesu przed nieoczekiwanymi zmianami i błędami. Wydajność procesu w dłuższej perspektywie czasowej jest bardziej realistyczna. Do podstawowych źródeł zmienności zalicza się (1) przyjęcie niewłaściwej górnej i dolnej granicy tolerancji podczas projektowania procesu lub produktu, (2) nabywanie półproduktów lub materiałów do produkcji od dostawców, (3) ograniczone zdolności procesu produkcyjnego do spełnienia oczekiwań klienta [254]. Zmienność procesu należy obliczyć poprzez oszacowanie wartości odchylenia standardowego (σ) dla określonej wielkości próby pobranej z procesu. A więc σ to odległość mierzona na osi X pomiędzy średnią arytmetyczną (punktem centralnym procesu), a punktem przegięcia.

W metodyce SS ważnym wskaźnikiem jakościowym jest **DPMO** (ang. *Defect per Million Oportunities*), który określa liczbę rzeczywiście dostrzeżonych wad w stosunku do miliona możliwości ich wystąpienia [255]. DPMO oblicza się na podstawie wzoru:

$$\textbf{DPMO} = \frac{liczba\ defektów}{liczba\ możliwości\ powstania\ defektów}\ x\ 1000\ 000 \qquad (7)$$

[254] M. Harry, R. Schroeder, *Six Sigma: wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005, s. 140-142.

[255] Ibidem, s. 26.

W tabeli 3.2 przedstawiono wielkości DPMO na różnych poziomach sigma procesu. Wraz ze wzrostem poziomu sigma, zmniejsza się liczba popełnianych błędów, a więc proces jest bliższy doskonałości (bezbłędny).

Tabela 3.2. Wartość Sigma a prawdopodobieństwo wystąpienia DPMO

Poziom sigma (σ)	**DPMO (liczba wad na milion możliwości ich popełnienia)**	
	Bez przesunięcia	Z przesunięciem
1	317 400	697 700
2	45 400	308 537
3	2 700	66 807
4	63	6 210
5	0,57	233
6	0,002	3,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Harry, R. Schroeder, *Six Sigma: wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005, s. 141.

We współczesnej gospodarce organizacje poniżej trzy sigma nie są w stanie utrzymać się na konkurencyjnym rynku. Przeciętne przedsiębiorstwo funkcjonuje na poziomie cztery sigma, a więc generuje około 6 210 błędów na milion możliwości ich popełnienia[256].

Na podstawie dwóch wzajemnie powiązanych wskaźników zdolności jakościowej można sprawdzić i ocenić zdolność procesu do spełnienia wymagań klienta, czyli czy wyprodukowane wyroby mieszczą się w granicach tolerancji zdefiniowanej przez klienta. Pierwszym wskaźnikiem zdolności jakościowej jest wskaźnik C_p określający zdolność procesu do wytwarzania produktów o takich samych własnościach. Wskaźnik C_p określa rozrzut procesu, czyli wskazuje na to jak uzyskane wyniki danego procesu różnią się od siebie. Celem jest dążenie do jak najmniejszego rozrzutu (wyszczuplenie), ponieważ tylko taki proces produkcyjny świadczy o stabilności i powtarzalności produkcji. C_p oblicza się na podstawie wzoru:

$$\mathbf{C_p} = \frac{GLT - DLT}{6\sigma} \tag{8}$$

GLT – górna granica tolerancji
DLT – dolna granica tolerancji

[256] M. Nowicki, *Six Sigma…*, op. cit., s. 293.

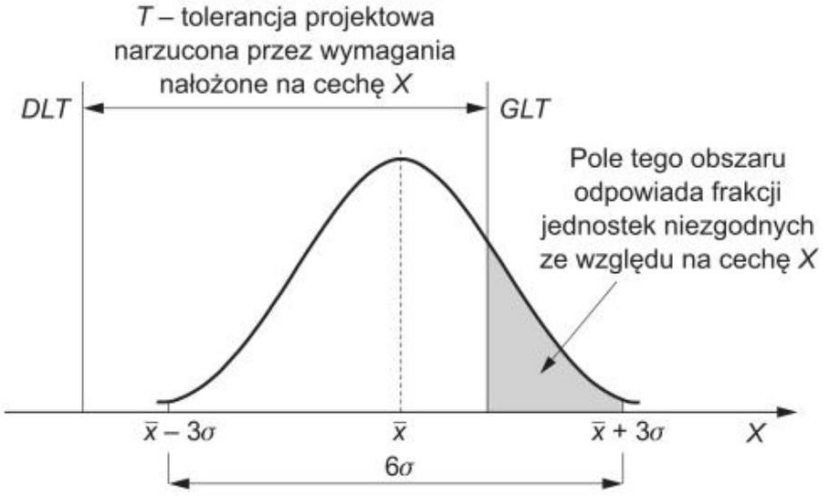
σ – odchylenie standardowe (obliczone na podstawie danych z procesu)

Wartość wskaźnika C_p można interpretować w następujący sposób[257]:

- C_p <1 – niska względna zdolność procesu (proces niewydolny),
- 1< C_p <1,33 – średnia względna zdolność procesu (akceptowane minimum),
- 1,33 < C_p – wysoka względna zdolność procesu.

Jednak obecnie w przemyśle oczekuje się wartości wskaźnika C_p większej niż 1,33. Uznaje się, że jeżeli wartość wskaźnika wynosi 1,44 to proces jest wysoko zdolny. Natomiast w przemyśle motoryzacyjnym dąży się do wartości 1,67.

Wartość wskaźnika C_p jest niewystarczająca do jednoznacznej oceny zdolności procesu, ponieważ zakłada, że wartość średnia leży w połowie pola tolerancji, a więc proces jest wyśrodkowany. Mimo uzyskania wysokiej wartości wskaźnika proces może wytwarzać produkty będące poza specyfikacją. Zatem wartość wskaźnika C_p należy rozpatrywać z dodatkowym wskaźnikiem C_{pk}. Rysunek 3.3. przedstawia zależność między szerokością procesu, a jego wycentrowaniem.



Rysunek 3.3. Zależność między szerokością procesu a jego wycentrowaniem

Źródło: A Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria jakości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017, s. 355.

[257] M. Ingaldi, *Wprowadzenie do metody…*, op. cit., s. 123.

Wskaźnik C_{pk} oblicza się w celu określenia wycentrowania procesu. Jest obliczany dla dwóch przedziałów na podstawie wzorów:

$$\mathbf{C_{pG}} = \frac{GLT - \bar{x}}{3\sigma} \tag{9}$$

$$\mathbf{C_{pD}} = \frac{\bar{x} - DLT}{3\sigma} \tag{10}$$

$$\mathbf{C_{pk}} = min\ (C_{pG}, C_{pD}) \tag{11}$$

GLT – górna granica tolerancji
DLT – dolna granica tolerancji
$\bar{\mathbf{x}}$ – wartość średnia próby

Do oceny należy wybrać mniejszą wartość (wyznaczoną ze wzoru 11), ponieważ jest to wartość obliczana względem granicy specyfikacji, w kierunku której zbliżona jest średnia procesu (istnieje większe ryzyko powstania niezgodności i przekroczenia granicy specyfikacji).

Proces wdrażania SS prowadzi do utworzenia dedykowanej struktury organizacyjnej przydzielając pracownikom poszczególne stopnie, takie jak *Yellow Belt*, *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt*, *Sponsor* i *Champion*. W zależności od pełnionej funkcji pracownik posiada odpowiednie kwalifikacje oraz wypełnia wyznaczone zadania. W tabeli 3.3 przedstawiono krótkie charakterystyki poszczególnych stopni wraz z pełnionymi funkcjami w strukturze SS.

Aby skutecznie wdrożyć koncepcję w przedsiębiorstwie należy zaangażować w realizację projektu wszystkich pracowników, niezależnie od zajmowanego szczebla. Pracownicy powinni posiadać odpowiednie kwalifikacje oraz wykazać się wiedzą z zakresu posługiwania się narzędziami i technikami, które mogą mieć zastosowanie w realizowanych projektach [258] . Każdy projekt SS dotyczy konkretnego problemu. Natomiast pracownicy mają za zadanie znaleźć rozwiązanie tego problemu, co z kolei wpłynie na poprawę wyniku finansowego przedsiębiorstwa[259].

[258] A.M. Tyszkiewicz, *Efektywna Six Sigma…*, op. cit., s. 9.

[259] M. Harry, R. Schroeder, *Six Sigma: wykorzystanie programu…*, op. cit., s. 34.

Tabela 3.3. System pasów w Six Sigma

Rola w projekcie	Pełnione funkcje i zadania
Champion	Członek zajmujący naczelne stanowisko kierownicze. Odpowiada za wdrożenie projektów SS. Jest doradcą i przywódcą Master Black Belta i Black Belta. Zabiega o środki finansowe na rzecz projektu. Zadania: – stworzenie wizji przyszłości i określenie sposobu wdrożenia SS w przedsiębiorstwie, – opracowanie planu szkoleń pracowników, – wybranie projektów o największym potencjale usprawnień, – nadzorowanie realizacji projektu przez Black Belta, – zabieganie o środki finansowe na rzecz projektu oraz usuwanie występujących przeszkód zagrażających jego realizacji, – wdrażanie pomysłów Black Belta oraz ich umacnianie, – wynagradzanie pracowników za zaangażowanie i wysiłek włożony w realizację projektu SS.
Sponsor	Właściciel procesu, w którym wdrażany jest projekt SS. Zadania: – właściciel problemu, a następnie jego rozwiązania, – odpowiedzialny za dobór właściwych członków zespołu, – odpowiedzialny za wyniki finansowe w swoim obszarze.
Master Black Belt	Wewnętrzny ekspert upowszechniający wiedzę o strategii projektu SS w przedsiębiorstwie, mianowany przez Championa. Przechodzi bardzo szczegółowe szkolenia obejmujące statystyczne metody rozwiązywania problemów. Zadania: – ścisła współpraca z Championem, – pomoc w wyborze projektów, – trener i osoba wspierająca Black Belta, – wraz z Black Beltem szuka rozwiązania problemu, – opracowywanie programu i prowadzenie szkoleń pracowników na różnych stanowiskach, – nadawanie certyfikatów black belts, – odpowiedzialny za wprowadzenie trwałych zmian.

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Harry, R. Schroeder, *Six Sigma: wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005, s. 177-187.

Tabela 3.3. System pasów w Six Sigma c.d.

Rola w projekcie	Pełnione funkcje i zadania
Black Belt	Kierownik realizacji konkretnych projektów. Przechodzi bardzo szczegółowe szkolenia statystyczne oraz dotyczące wykorzystywania technik rozwiązywania problemów. Zadania: – przewidywanie barier podczas wdrażania projektów SS, – zarządzanie i dowodzenie zespołami projektowymi, – składanie zwierzchnikom raportów o postępach prac w projekcie, – wspieranie Green Belta oraz zabieganie o pomoc Championa (o ile istnieje taka potrzeba), – odpowiedzialny za dobór skutecznych narzędzi, – prowadzenie szkoleń pracowników odnośnie metod i narzędzi strategii SS, – odpowiedzialny za wprowadzenie trwałych zmian.
Green Belt	To szeregowi pracownicy przedsiębiorstwa, którzy oprócz wdrażania SS zajmują się również wykonywaniem obowiązków na swoich stanowiskach pracy. Projekty, w których biorą udział dotyczą ich codziennej pracy. Mogą prowadzić własne zespoły małych projektów. Zadania: – praca nad projektami usprawnień, jako członkowie zespołu Black Belt, – pozyskiwanie wiedzy dotyczącej metodologii SS podczas rozwiązywania problemów, – zdobywanie praktycznych umiejętności wykorzystywania metod i technik SS, – pozyskiwanie i analizowanie danych w celu przyspieszenia fazy pomiaru.
Yellow Belt	To szeregowi pracownicy, którzy przeszli podstawowe szkolenie w zakresie podstaw SS, obejmujące elementarną wiedzę na temat zastosowania różnych narzędzi w każdej fazie projektu. Zadania: – wspomaganie pracy Black Belt i Green Belt w realizacji projektu, – uczestnictwo w realizowanych projektach SS.

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Harry, R. Schroeder, *Six Sigma: wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005, s. 177-187.

Tabela 3.4. Etapy techniki DMAIC – ograniczenie zmienności istniejących procesów

Etap	Charakterystyka
D *Define* *Definiowanie*	Podejmowane działania i czynności mają za zadanie sprawdzić czy rzeczywiście istniejący proces/produkt odbiega od wymagań/oczekiwań klienta, określić cel i istotę projektu, wymagania klienta, powołać zespół projektowy wraz z określeniem ról i zakresu odpowiedzialności oraz przewidzieć datę zakończenia prac. Na tym etapie do najczęściej wykorzystywanych narzędzi należą: – **karta projektu** – porządkowanie i formalizowanie najważniejszych informacji dotyczących projektu, takich jak cel projektu, opis analizowanego problemu, zakres projektu, wskaźniki służące do oceny rezultatów projektu, przewidywane korzyści, skład zespołu. Karta projektu może być modyfikowana podczas trwania projektu. – **mapa SIPOC** (ang. *Supplier*, *Input*, *Process*, *Output*, *Customer*) – ma na celu zidentyfikowanie granic procesu, jego klienta/ów, dostawców oraz wielkości wejściowe i wyjściowe; nie powinna być zbyt szczegółowa. Dokładne poznanie procesu oraz zrozumienie sekwencji występujących po sobie operacji jest szczególnie ważnym krokiem przed monitorowaniem i doskonaleniem. – **VOC** (ang. *Voice of Customer/Client*) – tzw. „głos klienta" czyli określenie jego wymogów i oczekiwań względem procesu/produktu. Na podstawie VOC opracowuje się **CTQ** (ang. *Critical to Quality*), który jest mierzalnym miernikiem procesu. Określa wymogi dotyczące finalnego produktu/usługi. Do innych technik i narzędzi można zaliczyć, np.: G.R.P.I. lista kontrolna, ARMI Model, plan komunikacji, burza mózgów, DPMO, wskaźniki reklamacji, itd.
M *Measure* *Pomiar*	Na tym etapie należy zebrać dane (lub zaplanować i rozpocząć proces przeprowadzania pomiarów) w celu określenia aktualnego stanu (związku z istniejącym problemem) oraz znaleźć przyczyny sprzyjające występowaniu problemu. Etap ten pozwala na określenie warunków początkowych projektu, czyli pomiar wyjściowej zmienności oraz wydajności procesu. Należy zbadać/ustalić mierzalne zmienne, które znacząco wpływają na cechę usprawnianego procesu oraz określenie wpływu. Na tym etapie do najczęściej wykorzystywanych narzędzi należą: arkusze pomiarowe, arkusz kontrolny, histogram, wykres zmienności, karta kontrolna, DoE, SPC, MSA, C_p, C_{pk}, itd.
A *Analyse* *Analiza*	Należy przeprowadzić analizę zebranych danych opisujących dany proces oraz przeprowadzić analizę źródeł zmienności wpływających na analizowany proces. Etap obejmuje także stawianie hipotez wskazujących na źródłowe przyczyny występowania problemu oraz znalezienie rozwiązań wpływających na doskonalenie procesu. Na tym etapie do najczęściej wykorzystywanych narzędzi należą: wykresy regresji, karty zmienności, analiza wariancji i korelacji, testy statystyczne, Diagram Pareto-Lorenza, Diagram Ishikawy, FMEA, raport A3, analiza 5 WHY, analiza 5W2H, itd.

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Nowicki, *Six Sigma* [w:] *Kompendium metod i technik zarządzania. Technika i ćwiczenia*, Wolters Kluwer Business, Warszawa 2015, s. 300-305.

Tabela 3.4. Etapy techniki DMAIC – ograniczenie zmienności istniejących procesów c.d.

Etap	Charakterystyka
I *Improve* *Usprawnienie*	Na tym etapie podejmuje się działania mające na celu implementację usprawnień eliminujących zmienność procesu. Do głównych zadań można zaliczyć: – znalezienie pomysłów eliminujących przyczyny niedoskonałości, – podział pracy w zespole projektowym, – implementowanie pomysłów (na małą skalę) oraz ocenę ich skuteczności (ważne, aby nie wdrażać pomysłów jednocześnie, ponieważ trudno będzie wskazać, która propozycja przyniosła pożądany efekt), – wybór najlepszego, bądź najlepszych rozwiązań oraz rozpoczęcie prac nad ich wdrożeniem na większą skalę (procedura standaryzacyjna). Matryca decyzyjna jest narzędziem służącym do wyznaczenia kolejności wdrażania proponowanych usprawnień.
C *Control* *Kontrola*	Działania podejmowane na tym etapie mają na celu stwierdzenie czy wdrożone zmiany usprawniające są skuteczne, efektywne i trwałe. Do głównych zadań można zaliczyć: – opracowanie planu standaryzacji oraz wzorów dokumentacji, – określenie sposobów pomiaru osiągniętego poziomu działania oraz częstotliwości kontroli, – przekazanie odpowiedzialności odpowiednim zespołom. Najczęściej wykorzystywane narzędzia to: plan kontroli, SPC, 5S.

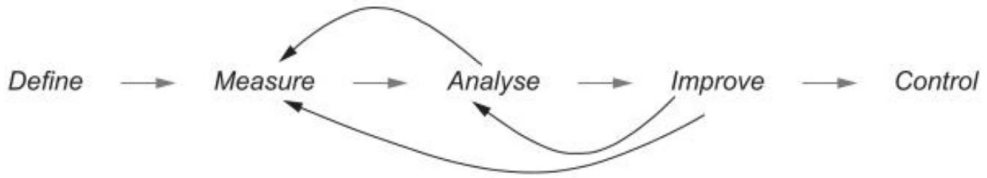
Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Nowicki, *Six Sigma* [w:] *Kompendium metod i technik zarządzania. Technika i ćwiczenia*, Wolters Kluwer Business, Warszawa 2015, s. 300-305.

Pierwszą możliwością wykorzystania koncepcji SS jest ograniczenie zmienności w istniejących procesach poprzez zastosowanie techniki DMAIC (ang. *Define*, *Measure*, *Analyse*, *Improve*, *Control*). Jest to sekwencja pięciu etapów, nazwanych jako *definiowanie*, *pomiar*, *analiza*, *usprawnienie* i *kontrola*, opartych na cyklu Deminga (PDCA, ang. *Plan, Do, Check, Art* czyli *zaplanuj*, *wykonaj*, *sprawdź*, *działaj*)[260]. W tabeli 3.4 przedstawiono syntetyczny opis postępowania według procedury DMAIC, prowadzący do usprawnienia istniejących procesów wraz z możliwymi do wykorzystania narzędziami na każdym etapie. Wymienione techniki i narzędzia należą do najczęściej stosowanych, jednak nie stanowią zbioru zamkniętego. Każdy projekt SS należy traktować indywidualnie i niepowtarzalnie. Techniki, narzędzia i metody należy dobierać współmiernie z rodzajem problemu oraz z kwalifikacjami zespołu.

Jak już wcześniej wspomniano, metodyka prowadzenia projektu SS jest oparta na sekwencji pięciu etapów DMAIC. Jednak kolejność działań w projekcie nie musi być ściśle przestrzegana. Na rysunku 3.4. przedstawiono propozycję

[260] S. Doroszewicz, A. Tyszkiewicz, *Systemowe podejście do zarządzania jakością według koncepcji Six Sigma*, „Zeszyty Naukowe Kolegium Zarządzania i Finansów" 2017, nr 158, s. 161.

naprzemienności (równolegle) wykonywanych etapów *Measure*, *Analyse* i *Improve* w zależności od uzyskiwanych wyników w trakcie realizacji projektu.



Rysunek 3.4. Możliwość naprzemiennego stosowania 3 etapów procedury DMAIC

Źródło: A. Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria jakości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017, s. 468.

Inny przypadek to pominiecie fazy *Measure* i *Analyse* w sytuacji, gdy istnieje pewność, że zebrane dane są wiarygodne oraz rzetelnie zbierane i na ich podstawie zespół jest w stanie zaproponować usprawnienia, których konsekwencje nie będą znaczące[261].

Drugą możliwością wykorzystania koncepcji SS jest zastosowanie jej w projektowaniu nowych procesów lub produktów poprzez zastosowanie techniki DMADV (ang. *Define*, *Measure*, *Analyse*, *Design*, *Verify*). To modyfikacja koncepcji DMAIC oparta na pięciostopniowym cyklu działań określanych jako *definiowanie*, *pomiar*, *analiza*, *projekt*, *weryfikacja*. Celem zastosowania tej techniki jest eliminacja różnicy pomiędzy oczekiwaniami i wymaganiami klienta dotyczącymi produktu/procesu, a tym co będzie rzeczywiście zaprojektowane[262].

Faza pomiaru (*measure*) to ważny etap w projekcie SS, ponieważ na podstawie zebranych danych (poddanych analizie) zespół poszukuje zmiennych oddziałowujących na cechę usprawnianego procesu oraz określa ich wpływ. Faza usprawnienia (*improve*) wymaga precyzyjnych danych, aby poszukiwać możliwości eliminowania błędów. Faza kontroli (*control*) bazuje również na pomiarach w celu przeprowadzenia statystycznej kontroli procesu (SPC) oraz utworzenia wykresów kontrolnych niezbędnych do zobrazowania czy dany proces jest stabilny[263]. Dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na system pomiarowy wykorzystywany w przedsiębiorstwie. Jeżeli zebrane dane nie będą wiarygodne, to w rezultacie podejmowane decyzje mogą być niesłuszne. W celu zapewnienia wiarygodności zbieranych danych pomiarowych i zapewnienia odpowiedniej kalibracji wykorzystuje się analizę MSA (ang. *Measurement System Analysis*). Składa się ona

---

261 A. Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria…*, op. cit., s. 467-468.

262 M. Nowicki, *Six Sigma…*, op. cit., s. 305.

263 T. Hessing, *Measurement Systems Analysis (MSA)*, https://sixsigmastudyguide.com/measurement-systems-analysis/ [dostep: 11.08.2022].

z wielu narzędzi, których celem jest weryfikacja i poprawa systemów pomiarowych[264].

Koncepcja SS zapoczątkowała i usystematyzowała wiele narzędzi statystycznych pozwalających na redukcję wadliwości, kosztów, jak i czasów cyklów produkcyjnych. Dodatkowo skutecznie wpływa na utrzymanie klientów poprzez rozwój produktów lub procesów oraz na zwiększenie udziału w rynku[265].

3.3. Zarządzanie jakością

Jakość to termin, który ma wiele znaczeń w zależności od punktu widzenia osoby lub branży. Zróżnicowanie w definiowaniu jakości wynikało z różnorodnych sposobów rozumienia i podejścia do tego pojęcia w różnych środowiskach tworzących standardy zarządzania jakością[266]. Można wyróżnić jakość postrzeganą, jakość obiektywną, jakość techniczną, jakość funkcjonalną, jakość materialną, interakcyjną i firmową, jakość wejścia, procesu i wyjścia[267]. Różne rozumienie jakości świadczy o jej złożoności.

W kontekście technicznym, jakość odnosi się do cech produktu lub usługi, które wpływają na jego zdolność do spełnienia określonych potrzeb lub wymagań oraz na to, czy produkt lub usługa jest wolna od wad lub defektów[268]. To podstawowa cecha produktów i procesów w każdym przemyśle wytwórczym[269]. Jakość to zgodność z wymaganiami klienta[270]. Według normy ISO 9001 jakość to „stopień, w jakim zbiór inherentnych[271] właściwości spełnia wymagania". Jakość oznacza te cechy produktów, które zaspokajają potrzeby klienta, a tym samym zapewniają mu satysfakcję. Jakość oznacza brak błędów, prowadzących do powtórnego wykonania pracy lub prowadzących do awarii, niezadowolenia i roszczeń klienta. Dlatego pojęcie jakości jest związane z kosztami, a wyższa jakość zazwyczaj prowadzi do mniejszych kosztów[272]. Często popełnianym błędem jest traktowanie poprawy

---

264 R. Tobisz, *Zapewnienie wiarygodności analizowanych danych – podstawy analizy MSA*, https://media.statsoft.pl/_old_dnn/downloads/msa.pdf [dostęp: 11.08.2022].

265 M. Nowicki, *Six Sigma…*, op. cit., s. 287.

266 J. Ejdys, U. Kobylińska, A. Lulewicz-Sas, *Zintegrowane systemy zarządzania jakością środowiskiem i bezpieczeństwem pracy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012.

267 W. Urban, *Definicje jakości usług – różnice oraz ich przyczyny,* „Problemy Jakości", 2007, s. 4-9.

268 D.H. Besterfield, *Quality Improvement*, Ninth Edition, Pearson Education, 2014.

269 P. Tambare, C. Meshram, C.C. Lee, R.J. Ramteke, A.L. Imoize, *Performance Measurement System and Quality Management in Data-Driven Industry 4.0: A Review*, „Sensors" 2022, 22, s. 224.

270 P.B. Crosby, *Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain*, McGraw-Hill, New York 1979.

271 Potrzeba lub oczekiwanie, które zostało ustalone, przyjęte zwyczajowo lub jest obowiązkowe (ISO 9000:2000, p. 3.1.2).

272 J.M. Juran, A.B. Godfrey, *Juran's Quality Handbook*, Fifth Edition, McGraw-Hill, New York, USA 1980.

jakości jako działania zwiększającego koszty. Jednakże, należy odróżnić pojęcia jakości i klasy w kontekście przemysłu. Poprawa lub podniesienie klasy wyrobu może wiązać się z zastosowaniem droższych materiałów, bądź bardziej zaawansowanych procesów produkcyjnych, co z kolei prowadzi do wzrostu kosztów wyrobu. Z drugiej strony, poprawa jakości oznacza przede wszystkim zmniejszenie liczby wadliwych wyrobów przy zachowaniu takiego samego nakładu pracy lub kosztów, co zazwyczaj prowadzi do niższych kosztów jednostkowych. Osiągnięcie tego celu nie jest możliwe w krótkim czasie, ale wymaga podejmowania działań zapobiegających wadliwej produkcji, a nie działań służących wykryciu defektów już po ich powstaniu[273]. Nauka boryka się z ujednoliceniem definicji jakości, które są w dużej mierze związane z jej abstrakcyjnym charakterem. Innymi słowy, jakość nie istnieje sama w sobie i dlatego należy rozpatrywać ją zawsze w kontekście celu, który ma być osiągnięty[274].

Od zawsze jakość była obecna w działalności człowieka. Jednakże można zidentyfikować pierwszy etap rozwoju jakości w roku 1910, kiedy Ford Motor Company wyprodukował swój Model T. Przedsiębiorstwo zatrudniało wówczas inspektorów porównujących lub testujących produkt ze standardem projektowym na wszystkich etapach produkcji. Kontroli podlegali również dostawcy. Praca inspektorów polegała na oddzieleniu wyrobów niskiej jakości od tych spełniających akceptowalne standardy, a następnie ich naprawie, zezłomowaniu lub sprzedaży, jako produktów niższej jakości. W kolejnym etapie rozwoju jakość była kontrolowana poprzez nadzorowanie umiejętności, standardy pisemne, pomiary, jak również standaryzację. Podczas II wojny światowej systemy produkcyjne stały się bardziej skomplikowane, co skłoniło do przeprowadzania kontroli jakości poprzez inspekcje, a nie za pomocą samych pracowników. Zastosowano statystyczną kontrolę jakości polegającą na sprawdzeniu wyrobów po ich produkcji w celu wyłonienia produktów spełniających założone wymagania jakościowe. Okres pomiędzy 1924 a 1931 rokiem przyniósł kontroli jakości rozwój wykresów kontrolnych i wnioskowanie na podstawie losowanych próbek, opracowanych przez Shewharta i Dodge-Rominga. Shewhart wprowadził nowe podejście do kontroli jakości sugerując, że procesy produkcyjne są podatne na dwa rodzaje zmienności: zmienność wynikającą z przyczyn losowych i zmienność wynikającą z przyczyn specjalnych. Stwierdził, że procesy produkcyjne stają się przewidywalne, gdy oddzielamy zmienność wynikającą z przyczyn specjalnych. Opracowano wykres kontrolny do monitorowania procesu i podejmowania decyzji w przypadku pojawienia się zmienności wynikającej z przyczyn specjalnych. Trzeci etap rozwoju zarządzania jakością polega na zapewnieniu, że produkt lub usługa spełnia potrzeby

---

[273] J.J. Dahlgaard, K. Kristensen, G.K. Kanji, *Fundamentals of Total Quality Management*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2016.

[274] A. Bielawa, *Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania" 2011, nr 21, s. 144.

klientów. W tym etapie wykorzystuje się różne narzędzia i metody w celu osiągnięcia zamierzonego celu. Przykłady takich działań obejmują opracowanie kompleksowych podręczników jakości, analizę kosztów jakości, rozwijanie kontroli procesów oraz przeprowadzanie audytów systemów jakości. Szczególny nacisk kładzie się również nie na wykrywanie, ale na zapobieganie złej jakości. Dążąc do kompleksowego zarządzania jakością (ang. *Total Quality Management*, TQM) kluczową rolę odgrywa zrozumienie i wdrożenie zasad oraz koncepcji zarządzania jakością w każdym aspekcie działalności biznesowej. Implementacja TQM wymaga, aby zasady zarządzania jakością były stosowane na każdym poziomie, etapie oraz w każdym dziale organizacji. Ponadto filozofia TQM powinna być wzbogacana o wyrafinowane techniki zarządzania jakością. Ważnym elementem jest także wyjście poza organizację i rozwijanie ścisłej współpracy z dostawcami w procesie zarządzania jakością[275].

Rozwój kompleksowego zarządzania jakością od 1950 roku można przypisać pracom różnych ekspertów. Amerykański i japoński ekspert w dziedzinie kontroli jakości: Armand V. Feigenbaum i Kaoru Ishikawa mają największy wkład w rozwój terminu TQM. Wśród kolejnych jest Edward Deming, Joseph Juran i Philip Crosby którzy znacząco przyczynili się do ciągłego rozwoju tej dziedziny[276,277]. Warto jednak zauważyć, że żaden z trzech guru zarządzania jakością nie używał bezpośrednio terminu TQM. Przypisuje się im ukształtowanie wymiarów, praktyk i mechanizmów stanowiących podstawę tej koncepcji [278] . W 1989 roku opublikowano pierwszą na świecie książkę o tytule *Total Quality Management*, w której autor – Oakland, dokonuje bezpośredniej definicji TQM jako „jakość we wszystkich obszarach funkcjonalnych"[279]. W polskiej literaturze fachowej termin ten często określa się jako zarządzanie przez jakość. Oznacza to sposób zarządzania, w którym kluczowym kryterium oceny efektywności działań jest jakość produktów oraz procesów[280]. TQM jest podejściem, które ma na celu zwiększenie efektywności i elastyczności całego przedsiębiorstwa poprzez odpowiednie zorganizowanie i zaangażowanie całej organizacji, w tym każdego działu, każdej działalności i każdej osoby, na każdym poziomie. W rzeczywistości, aby osiągnąć prawdziwą efektywność, każda część organizacji musi działać w harmonii uznając, że każda

---

[275] M. Urbaniak, *Przesłanki związane z wdrażaniem narzędzi doskonalenia systemów zarządzania jakością*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu", 2017, nr 463, s. 261-263.

[276] J.J. Dahlgaard, K. Kristensen, G.K. Kanji, *Fundamentals…*, op. cit., s. 97.

[277] D. Samson, M. Terziovski, *The relationship between total quality management practices and operational performance*, „Journal of Operations Management" 1999, nr 17(4), s. 393-409.

[278] A.R. Martínez-Lorente, F. Dewhurst, B.G. Dale, *Total quality…*, op. cit., s. 384.

[279] S.M. Dahlgaard-Park, *The quality movement: Where are you going?*, „Total Quality Management & Business Excellence" 2011, nr 22(5), s. 498.

[280] A. Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria…*, op. cit., s. 210.

część, każde działanie, każda osoba w organizacji wpływa na innych i jest pod wpływem innych[281].

Od momentu rozpowszechnienia kontroli technicznej w przemysłowych przedsiębiorstwach w XX wieku nastąpił intensywny rozwój form organizacyjnych, metod i zakresu zarządzania jakością. W ciągu ostatnich dziesięcioleci pojawiły się coraz to nowsze koncepcje w tej dziedzinie, zakończone koncepcją TQM. Niemożliwe jest precyzyjne określenie poszczególnych faz rozwoju zarządzania jakością, ponieważ przebiegały one różnie w różnych krajach, regionach, gałęziach gospodarki, przedsiębiorstwach, różnice zauważalne były również w teorii i praktyce. W dodatku, w kolejnych fazach rozwojowych stosowano równolegle rozwiązania z faz wcześniejszych, a współcześnie w różnych miejscach można zaobserwować stosowanie pełnego przekroju koncepcji zarządzania jakością. Można wyróżnić charakterystyczne etapy i koncepcje w rozwoju zarządzania jakością przedstawione na rysunku 3.5.

Rysunek 3.5. Historia rozwoju Total Quality Management

Źródło: opracowanie własne.

Kontrola techniczna to funkcja obecna w jednostkach produkcyjnych, koncentrująca się na kontroli cech technicznych wyrobu jako rezultatu procesu technologicznego. Ma charakter biernej kontroli restrykcyjnej, gdzie wyniki kontroli służą przede wszystkim do akceptacji lub odrzucenia wyrobu oraz nagrodzenia lub ukarania pracownika.

Kontrola jakości stanowi postęp w stosunku do kontroli technicznej. Skupia się na tworzeniu jakości poprzez zastosowanie działań profilaktycznych i statystycznej kontroli jakości. Posiada bardziej rozbudowaną strukturę organizacyjną, w której występują jednostki laboratoryjne, badawczo-analityczne oraz sztabowe. Odpowiedzialność za jakość produktu ponoszą zarówno jednostki wykonawcze, jak

[281] J.S. Oakland, *Total Quality Management text with cases*, Wydanie III, Butterworth-Heinemann, 2003.

i zarządcze. Sterowanie jakością to kolejny etap rozwoju zarządzania jakością obejmujący większość funkcji zarządzania, zwłaszcza regulacji, w tym funkcji kontrolowania oraz korygowania. Wykorzystuje model cybernetyczny ze sprzężeniem zwrotnym, co nadaje mu orientację procesową. W ramach sterowania jakością rozwija się samokontrola oraz systemy pracy bezusterkowej. Ostatni etap – kompleksowe zarządzanie jakością (TQM) – to najdoskonalsza forma zarządzania jakością w przedsiębiorstwie, obejmująca pełny zestaw funkcji zarządczych. Idea TQM polega na uznaniu, że wszystkie elementy przedsiębiorstwa wpływają na jakość produktów i procesów, a zatem zarówno jakość tych produktów i procesów, jak i jakość składników i zasobów przedsiębiorstwa powinna być objęta kompleksem funkcji zarządczych. Zarządzanie przez jakość podkreśla znaczenie fazy przygotowawczej działań wykonawczych, w tym wewnętrznego i zewnętrznego zapewnienia jakości[282]. W TQM jakość stała się integralną częścią strategii zarządzania organizacją, obejmującą zarówno procesy wewnętrzne, jak też związki z klientami i dostawcami. Celem jest poprawa jakości produktów i usług oraz zwiększenie satysfakcji klientów, poprzez podniesienie poziomu świadomości na temat problemów związanych z jakością w całej organizacji[283].

TQM opiera się na ośmiu zasadach stanowiących fundament tej filozofii i będących jednymi z jej najważniejszych elementów[284,285,286]:

1. Orientacja na klienta

   Orientacja na klienta jest jedną z kluczowych zasad filozofii TQM i standardu ISO 9001. Organizacje muszą zdawać sobie sprawę z tego, że są one zależne od swoich klientów, bez których przestają istnieć. Dlatego ważne jest, aby zidentyfikować ich potrzeby, wymagania i oczekiwania. Nie zawsze są one oczywiste, ale muszą zostać zrozumiane i spełnione. Wymagania klientów są zróżnicowane w zależności od grupy, do której należą. Dlatego ważne jest, aby organizacje potrafiły je zidentyfikować i zaspokoić. Orientacja na klienta ma na celu osiągnięcie trwałego sukcesu, zdobycie przewagi konkurencyjnej i zysku finansowego. Jednakże, aby to było możliwe, organizacje muszą zdobyć

---

[282] A. Hamrol, W. Mantura, *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydanie III, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005, s. 39.

[283] M. Colledani, T. Tolio, A. Fischer, B. Iung, G. Lanza, R. Schmitt, J. Váncza, *Design and management of manufacturing systems for production quality*, CIRP Annals, 2014, nr 63(2), s. 775.

[284] *Osiem Zasad Zarządzania Jakością*, strona internetowa: http://eqiinstitute.organicelectronics.co.uk/ [dostęp: 20.04.2023].

[285] A. Misztal, *Eight quality management principles – practical context* [w:] A. Borucki, L. Pacholski (red.), *Some problems and methods of ergonomics and quality management*, Poznań 2010, s. 130-134.

[286] A. Hamrol, *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydanie II, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2007, s. 92-130.

i utrzymać zaufanie swoich klientów poprzez zrozumienie ich potrzeb, zarówno aktualnych, jak i przyszłych.

2. Przywództwo

   Przywództwo wymaga od kierownictwa organizacji pełnienia roli lidera, a nie tylko managera. Wartość, jaką wnosi lider, polega na stworzeniu i komunikowaniu wizji organizacji, określeniu konkretnych celów jakości, propagowaniu orientacji na klienta i kultury ciągłego doskonalenia. Liderzy powinni również upowszechniać wymagania klientów, rozwijać skuteczne kanały komunikacji, analizować informacje o funkcjonowaniu procesów oraz zapewniać pracownikom niezbędne zasoby i rozwój kompetencji. Odpowiedzialność i uprawnienia powinny być jasno określone, a liderzy powinni identyfikować szanse i zagrożenia dla organizacji, podejmując na ich podstawie odpowiednie działania. Działania te mają na celu zapewnienie trwałego sukcesu organizacji, zdobycie przewagi konkurencyjnej i zysków finansowych, a także zwiększenie satysfakcji klientów[287].

3. Zaangażowanie ludzi

   W filozofii TQM ważną zasadą jest zaangażowanie ludzi w system zarządzania jakością. Każdy pracownik organizacji jest równie ważny i ma wpływ na jakość pracy. Im większe zaangażowanie ludzi na każdym poziomie organizacji, tym lepsze wyniki osiągane są przez organizację [288]. Marnowanie zdolności pracowników jest jednym z głównych źródeł marnotrawstwa, określanych przez filozofię Lean. Dlatego coraz istotniejsze staje się wykorzystywanie talentów pracowników do osiągania najlepszych rezultatów organizacji.

4. Podejście procesowe

   Podejście procesowe to kolejny kluczowy element systemu zarządzania jakością. Proces to zbiór powiązanych ze sobą działań, które przekształcają elementy wejścia w elementy wyjścia [289]. Wykorzystanie podejścia procesowego pozwala na zrozumienie wymagań, spojrzenie na procesy w kategoriach wartości dodanej, osiąganie skuteczności realizowanych procesów oraz doskonalenie ich na podstawie oceny danych i informacji. Istotnym elementem jest identyfikacja procesów, ustalenie kryteriów i metod zapewnienia oraz oceny skuteczności, a także monitorowanie i analizowanie ich wyników oraz wprowadzanie działań korygujących. W ten sposób organizacja

---

[287] A. Misztal, *Eight quality management principles…*, op. cit., s. 130-134.

[288] F. Mroczko, *Zarządzanie Jakością*, Wałbrzyska Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości, Wałbrzych 2012, s. 98-102.

[289] PN-EN ISO 9001:2008 Systemy zarządzania jakością. Wymagania.

może osiągnąć zaplanowane cele oraz realizować ciągłe doskonalenie[290]. Jednocześnie warto pamiętać, że podejście procesowe wymaga od organizacji ciągłej uwagi i zaangażowania, aby procesy były skuteczne i przyczyniały się do osiągania celów organizacyjnych.

5. Podejście systemowe do zarządzania

   Podejście systemowe do zarządzania zgodnie z filozofią TQM nie jest bezpośrednio uwzględnione w normie ISO 9001:2015. Jednakże, można uznać, że cała norma dotycząca systemu zarządzania jakością stanowi istotny element tego podejścia. System zarządzania jakością jest integralną częścią ogólnego systemu zarządzania organizacją, którego celem jest zapewnienie realizacji usług oraz dostarczanie wyrobów zgodnych z wymaganiami. Poprzez podejście systemowe, norma uwzględnia zarządzanie powiązaniami i relacjami między procesami, co przyczynia się do zwiększenia skuteczności i efektywności organizacji w realizacji swoich celów. Implementacja podejścia systemowego do zarządzania może pozytywnie wpłynąć na wyniki organizacji, poprzez zwiększenie integracji działań i poprawę koordynacji procesów.

6. Ciągłe doskonalenie

   Aby osiągnąć cel, systemy, procesy, procedury, konfiguracje i ich powiązania muszą być stale monitorowane w celu zidentyfikowania możliwości doskonalenia. Proces ten powinien przebiegać w pętli Deminga, czyli w cyklu PDCA, który obejmuje etapy planowania, wykonania, weryfikacji i poprawy. Ważne jest, aby również proces ciągłego doskonalenia był stale udoskonalany, co zapewni jego skuteczność i efektywność. W każdym z etapów cyklu PDCA należy zwrócić uwagę na to, co może zostać poprawione, jakie zmiany są potrzebne, a także jakie korzyści przyniosą te zmiany dla organizacji. Dzięki ciągłemu doskonaleniu organizacja może rozwijać się i dostosowywać do zmieniających się potrzeb klientów i rynku[291].

7. Podejmowanie decyzji na podstawie faktów

   Efektywne podejmowanie decyzji w systemie zarządzania jakością opiera się na dostarczeniu rzetelnych i obiektywnych informacji pozwalających na wybór najlepszego rozwiązania. W tym celu wszystkie decyzje muszą być poprzedzone dokładnymi analizami, badaniami i zebraniem wiarygodnych dowodów[292]. Wykorzystanie podejścia procesowego do podejmowania decyzji pozwala na określenie, jakie dane są niezbędne do podejmowania powtarzalnych decyzji oraz na wyznaczenie punktów pomiarowych, metod

---

[290] S. Kliciński, *Problemy implementacji podejścia procesowego opartego na normie ISO 9001:2000,* „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu", 2009, nr 52, s. 59.

[291] A. Hamrol, *Zarządzanie jakością…*, op. cit., s. 120-124.

[292] Ibidem, s. 125-127.

gromadzenia i analizowania informacji i danych[293]. Dzięki temu organizacja zwiększa skuteczność swojego procesu decyzyjnego, co przekłada się na osiąganie celów biznesowych. Ważne jest również, aby decyzje były podejmowane na podstawie obiektywnych faktów, a nie subiektywnych opinii i domysłów, co pozwala uniknąć błędów i osiągnąć pożądane wyniki[294].

8. Zarządzanie relacjami

   Zarządzania relacjami obejmuje zarówno dostawców, jak i innych interesariuszy. Wykracza ono poza tradycyjne ramy współpracy z dostawcami i kładzie nacisk na długofalową, partnerską współpracę. Jest to podejście, które przyczynia się do wzrostu zaufania i zrozumienia między organizacją a jej partnerami biznesowymi, co z kolei pozytywnie wpływa na jakość produktów i usług oraz osiągane wyniki biznesowe. Dodatkowo warto zauważyć, że zarządzanie relacjami nie ogranicza się jedynie do kontaktów z partnerami biznesowymi. Ważnym elementem tego podejścia jest także budowanie pozytywnych relacji wewnątrz organizacji, czyli między pracownikami, co wpływa na efektywność i harmonię w pracy.

Zasady zarządzania jakością określają relacje między przedsiębiorstwem, a jego pracownikami w kontekście jakości. Nie stanowią gotowych rozwiązań, czy sposobów postępowania, ale pozwalają na umotywowanie i ukierunkowanie każdej pojedynczej działalności, co prowadzi do uzyskania synergii w systemie zarządzania jakością. Dzięki zasadom, każdy członek organizacji może w pełni zrozumieć, jakie działania są niezbędne do utrzymania wysokiej jakości produktów lub usług, i jak jego własne opinie przyczyniają się do realizacji celów jakościowych[295].

ISO 9000 to normy, które są powszechnie uznawane za fundament budowania systemów zarządzania jakością. Ich zastosowanie jest przeznaczone dla każdej organizacji, niezależnie od branży, wielkości oraz rodzaju oferowanych produktów. Niemniej, wiele branż dostrzegło potrzebę uzupełnienia tych standardów o wymagania specyficzne dla danej gałęzi przemysłu. Przykładem takich branżowych norm opracowanych na bazie ISO są między innymi QS 9000 dla przemysłu motoryzacyjnego, AS 9000 dla przemysłu lotniczego, AQAP dla przemysłu zbrojeniowego, HACCP dla przemysłu spożywczego, ISO 14001 dotyczący zarządzania środowiskowego oraz ISO 45001 związany z bezpieczeństwem i higieną pracy. Normy te mają na celu dostosowanie wymagań dotyczących jakości do specyfiki danej branży, co pozwala na lepszą ochronę

---

293 F. Mroczko, *Zarządzanie Jakością…*, op. cit., s. 98-102.

294 A. Mydlarz, *Total Quality Management – wszystko co musisz wiedzieć, Zarządzanie Jakością*, https://inzynierjakosci.pl/2020/05/total-quality-management/ [dostęp: 18.04.2023].

295 A. Misztal, Eight quality management…, op. cit., s. 134.

konsumentów oraz zwiększenie efektywności i konkurencyjności przedsiębiorstw[296].

W celu oceny systemu zarządzania jakością stosuje się dwie podstawowe formy – audyty jakości oraz przeglądy. Ocena może mieć dla organizacji charakter wewnętrzny lub zewnętrzny. Audyt wewnętrzny służy do sprawdzenia zgodności działań z zapisami dokumentacji oraz do oceny ich skuteczności. Jest to narzędzie służące do podejmowania działań korygujących oraz zapobiegawczych. Audyt ten nie jest specjalnym rodzajem kontroli, a jedynie bezstronną oceną realizacji przyjętych zobowiązań. Audyt może dotyczyć systemu, wyrobu lub procesu i może mieć charakter planowany lub doraźny. Natomiast audyt zewnętrzny jest formą oceny zgodności systemu z normami ISO 9000. Zarówno audyty wewnętrzne, jak i zewnętrzne są stosowane w celu oceny skuteczności systemu zarządzania jakością. Audyty wewnętrzne, jak sama nazwa wskazuje, przeprowadza się wewnątrz organizacji, a zewnętrzne przeprowadzają niezależni eksperci. Audyty są ważnym narzędziem utrzymywania oraz podnoszenia poziomu jakości, ponieważ umożliwiają identyfikację obszarów wymagających poprawy. Przegląd systemu zarządzania jakością jest cyklicznym i udokumentowanym spotkaniem pomiędzy kierownictwem a osobami odpowiedzialnymi za realizację celów polityki jakości. Ma na celu ocenę dotychczasowych działań, skuteczności systemu poprzez porównanie planów z rzeczywistymi wynikami, zaplanowanie ewentualnych poprawek i ustalenia planów na przyszły okres. Przegląd powinien być przeprowadzany zgodnie z ustalonym harmonogramem. Poprawnie przeprowadzony przegląd jest ważnym narzędziem w procesie doskonalenia systemu zarządzania jakością[297].

Zarządzanie jakością, to podejście lub filozofia zarządzania składająca się z szeregu wzajemnie powiązanych zasad, z których każda jest wspierana przez praktyki i techniki. Instrumentarium zarządzania jakością obejmuje zestaw narzędzi, technik i metod stosowanych w celu zapewnienia wysokiej jakości produktów lub usług[298,299]. Tabela 3.5 prezentuje podział instrumentów zarządzania jakością.

Metody, zasady i narzędzia wykorzystywane w zarządzaniu jakością są ze sobą powiązane i wzajemnie się uzupełniają. Dane zbierane na etapie produkcji i eksploatacji wyrobu muszą być odpowiednio przetworzone, aby stanowiły wartość dla następnie wykorzystywanych metod i wcześniej określonego celu do osiągnięcia. Narzędzia jakości stanowią intelektualne instrumenty, które umożliwiają gromadzenie i prezentację informacji w taki sposób, aby ludzki umysł mógł łatwo

---

296 A. Hamrol, W. Mantura, *Zarządzanie jakością…*, op. cit., s. 57.

297 A. Hamrol, *Zarządzanie jakością…*, op. cit., s. 128.

298 R. Sousa, C.A. Voss, *Quality management re-visited: a reflective review and agenda for future research*, „Journal of Operations Management" 2002, nr 20(1), s. 97.

299 R. Wolniak, B. Skotnicka, *Metody i narzędzia zarządzania jakością: teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008, s. 27.

przetwarzać myśli i idee. Poprawne wykorzystanie narzędzi jakości może prowadzić do podejmowania lepszych decyzji oraz skutecznego rozwiązywania problemów. Dzięki nim można uzyskać szerszą perspektywę na daną sytuację i poznać szczegóły, które wcześniej nie były widoczne[300].

Tabela 3.5. Instrumentarium zarządzania jakością

	Cechy i sposób oddziaływania na jakość	Przykłady
Zasady	– oddziaływanie długotrwałe – określają strategię rozwoju przedsiębiorstwa – wykraczają poza ramy przedsiębiorstwa – nie dają wytycznych operacyjnych – rezultaty stosowania są trudne do oceny bieżącej	Zasady Deminga Zasada „zero defektów” Zasada pracy zespołowej KAIZEN
Metody	– oddziaływanie średnioterminowe – pozwalają kształtować jakość projektową i jakość wykonania – opierają się na ogólnie przyjętych algorytmach postępowania	QFD FMEA DoE SKO; SPC Analiza wartości BPM
Narzędzia	– krótkotrwałe operacyjne – wyniki stosowania widoczne prawie natychmiast, ale efektywne wykorzystanie wymaga połączenia z metodami	Narzędzia tradycyjne: – schemat blokowy – diagram Ishikawy – diagram Pareto – histogram – arkusze kontrolne – wykresy korelacji – karta kontrolna Narzędzia przejęte z zarządzania

Źrodło: opracowanie na podstawie A. Hamrol, W. Mantura, *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydanie III, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005, s. 209.

Wszystkie trzy grupy instrumentów (metody, zasady i narzędzia) tworzą system, który może być w pełni wykorzystany w ramach wprowadzonego i funkcjonującego systemu zarządzania jakością. W praktyce, aby osiągnąć najlepsze efekty w zarządzaniu jakością, często wykorzystuje się kombinacje różnych rodzajów instrumentów. Warto podkreślić, że skuteczne wykorzystanie tych narzędzi i metod wymaga odpowiedniej wiedzy i umiejętności, a także zaangażowania całego zespołu, w tym zarządu organizacji[301]. Metody i techniki

[300] A. Chiarini, *Industry 4.0, quality management and TQM world. A systematic literature review and a proposed agenda for further research,* „The TQM Journal” 2020, nr 32(4), s. 603-616.

[301] A. Hamrol, W. Mantura, *Zarządzanie jakością…*, op. cit., s. 59.

używane w ramach TQM są uniwersalne i mogą być stosowane w każdej organizacji, niezależnie od branży. Są one równie skuteczne w przemyśle produkcyjnym, sektorze usług publicznych, opiece zdrowotnej, hotelarstwie, czy edukacji[302].

Obecnie trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie przedsiębiorstwa produkcyjnego bez zastosowania wspomagania komputerowego. Korzyści z wdrożenia tego typu systemów w zarządzaniu jakością są ogromne. Automatyczne i niezawodne pozyskiwanie oraz przetwarzanie dużej ilości danych związanych z różnymi aspektami jakości, na wszystkich etapach istnienia wyrobu, od marketingu, projektowania i konstruowania produkcji, po montaż i serwis, pozwala na skuteczne zarządzanie jakością w przedsiębiorstwie. Dzięki temu możliwe jest szybkie wykonywanie różnorodnych analiz, które umożliwiają pracownikom śledzenie aktualnego stanu jakości, integrację różnych działów w przedsiębiorstwie poprzez szybkie udostępnianie bieżących danych o jakości oraz tworzenie historii jakości wyrobów i wykorzystywanie jej do aktualizacji planów kontroli[303]. Nie można jednak zapominać, że zastosowanie wspomagania komputerowego w zarządzaniu jakością wymaga odpowiedniego przygotowania i szkolenia pracowników. Konieczne jest także ciągłe aktualizowanie systemów i rozwijanie umiejętności związanych z ich obsługą. Jednak wraz z rozwojem technologii i coraz większą liczbą dostępnych rozwiązań, wprowadzenie systemów wspomagania komputerowego staje się coraz bardziej dostępne i łatwiejsze do zastosowania w przedsiębiorstwie.

Współcześnie, zarządzanie jakością jest niezwykle istotne dla przedsiębiorstw, ponieważ pozwala na zwiększenie ich konkurencyjności i jakości produktów lub usług. Warto zauważyć, że obecnie coraz większy nacisk kładzie się na kwestie zrównoważonego rozwoju, co przekłada się na zwiększenie roli zarządzania jakością w procesie produkcyjnym. Aby narzędzia i praktyki związane z zarządzaniem jakością mogły skutecznie wspierać zrównoważony rozwój, konieczne jest ich ciągłe rozwijanie i adaptowanie. Adaptacja i rozwój narzędzi TQM pozwala organizacjom na uwzględnienie bardziej zrównoważonych praktyk w swoich procesach biznesowych. Praktyki zarządzania jakością mają również wpływ na zadowolenie klientów oraz poziom ich zaangażowania. Dlatego ważne jest, aby organizacje nie tylko stosowały tradycyjne metody zarządzania jakością, ale także były otwarte na innowacyjne rozwiązania, które umożliwią im rozwój w bardziej zrównoważonym kierunku[304].

---

302 J.S. Oakland, *Total Quality Management…*, op. cit., s. 3.

303 A. Hamrol, W. Mantura, *Zarządzanie jakością…*, op. cit., s. 61.

304 V. Siva, I. Gremyr, B. Bergquist, R. Garvare, T. Zobel, R. Isaksson, *The support of Quality Management to sustainable development: a literature review*, „Journal of Cleaner Production" 2016, nr 138, s. 148-157.

Zarządzanie jakością jest dojrzałą, a jednocześnie stale rozwijaną dyscypliną[305], jest ciągle aktualnym tematem badawczym we współczesnym świecie [306]. Zarządzanie jakością w dużej mierze skorzystało z użytkowania narzędzi cyfrowych i wciąż posiada wiele możliwości doskonalenia, kierując się tą ścieżką rozwoju[307]. Obecnie, w erze cyfrowej, zarządzanie jakością odgrywa kluczową rolę w procesie produkcyjnym, stanowi nieodłączny element funkcjonowania każdego przedsiębiorstwa. Od wprowadzenia kontroli technicznej w XX wieku koncepcje i metody zarządzania jakością ewoluowały, dostosowując się do zmieniających się realiów gospodarczych i technologicznych. W ramach tych koncepcji rozwijane były takie metody jak ocena ryzyka, analiza przyczyn i skutków, benchmarking, czy też podejście Lean. Wraz z postępem technologicznym rozwój zarządzania jakością przeniósł się również na obszar cyfrowy, wprowadzając takie koncepcje jak automatyzacja, sztuczna inteligencja, czy Big Data. Technologie wykorzystywane w zarządzaniu jakością są często uważane za bezpośrednie narzędzia łączące jakość z technologią, co potwierdzają liczne źródła informacji[308]. Nowoczesne rozwiązania oparte na danych umożliwiają wykorzystanie narzędzi i metod jakościowych w sposób, który rozszerza ich możliwości. Dzięki temu stają się one skutecznymi narzędziami w planowaniu, kontroli i zarządzaniu.

W dzisiejszych czasach integracja narzędzi jakościowych z nowoczesnymi technologiami jest niezbędna do osiągnięcia najwyższej jakości produktów i usług. Ważne jest jednak, aby w tym procesie nie zapominać o ludziach i ich potrzebach. Taka integracja pozwala na pełniejsze wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych w planowaniu, kontrolowaniu i zarządzaniu, a jednocześnie zapewnia, że ludzie pozostają w centrum procesów decyzyjnych. Korzystając z nowoczesnych narzędzi, takich jak sztuczna inteligencja, analiza danych, czy automatyzacja procesów, możemy zwiększyć zarówno możliwości ludzi, jak i narzędzi oraz metod jakościowych. Dzięki temu możliwe jest szybsze i bardziej aktualne podejmowanie decyzji, co przekłada się na lepszą jakość i efektywność procesów. Integracja nowoczesnych narzędzi i metod jakościowych może również pomóc w uwalnianiu ludzi z powtarzalnych zadań, umożliwiając im skoncentrowanie się na bardziej kreatywnych i innowacyjnych zadaniach. To z kolei przyczynia się do rozwijania ich umiejętności i motywacji, wywołując tym samym

---

[305] S. Wawak, P. Rogala, S.M. Dahlgaard-Park, *Research trends in quality management in years 2000-2019*, „International Journal of Quality and Service Sciences" 2020, nr 12(4), s. 417–433.

[306] A. Gunasekaran, N. Subramanian, E. Ngai, *Quality Management in the 21st Century Enterprises: Research pathway towards Industry 4.0*, „International Journal of Production Economics" 2019, nr 207, s. 127.

[307] S. Cots, *Digital Transformation of Quality Management*, Proceedings book of the 3rd International Conference on Quality Engineering and Management, International Conference on Quality Engineering and Management, 2018, s. 126.

[308] A.M. Dias, A.M. Carvalho, P. Carvalho, *Quality 4.0: literature review analysis, definition and impacts of the digital transformation process on quality*, „International Journal of Quality & Reliability Management" 2021, nr 39(6), s. 1312-1335.

korzystny wpływ na jakość pracy i efektywność organizacji. Natomiast warto pamiętać, że narzędzia jakościowe i technologie same w sobie nie są wystarczające. Wprowadzenie nowych rozwiązań powinno odbywać się w sposób świadomy i celowy, z uwzględnieniem specyfiki organizacji i potrzeb jej pracowników. Bardzo ważne jest także zapewnienie odpowiedniego szkolenia i wsparcia dla personelu, umożliwiającego im skuteczne korzystanie z nowych narzędzi i technologii[309].

3.4. Współdziałanie koncepcji doskonalenia systemów produkcyjnych z Teorią Ograniczeń

Funkcjonowanie kilku podejść i systemów w przedsiębiorstwie jest niezbędne do skutecznego radzenia sobie z wyzwaniami współczesnego środowiska produkcyjnego. Przedsiębiorstwa mogą korzystać z tych podejść w sposób zindywidualizowany, dostosowując je do swoich potrzeb i warunków. Nie ma jednego uniwersalnego podejścia, pasującego do wszystkich przedsiębiorstw. W zależności od branży, skali działalności, charakterystyki produktów i innych czynników, przedsiębiorstwa mogą wybierać i dostosowywać różne elementy poszczególnych metod, aby osiągnąć optymalne wyniki. Zarządzanie jakością jest nieodłączną częścią tych podejść, stanowi fundamentalną podstawę dla koncepcji Lean, SS i TO.

TO oraz kompleksowe zarządzanie jakością to dwa podejścia, które można skutecznie połączyć w celu doskonalenia procesów biznesowych. W wielu przypadkach stosowanie jedynie TQM może okazać się niewystarczające w rozwiązywaniu problemów biznesowych. Według Dettmera, TO może być idealnym uzupełnieniem TQM, umożliwiając tym samym skuteczne zidentyfikowanie najważniejszych ograniczeń w procesie i ich usunięcie. Kombinacja tych podejść umożliwia ukierunkowanie wysiłków na usunięcie głównych ograniczeń, co przyspiesza osiągnięcie wyników i pozwala uniknąć długiego czasu oczekiwania na rezultaty. Tym samym, stosowanie tych dwóch koncepcji jednocześnie pozwala na uzyskanie znaczących wyników krótkoterminowych, nie rezygnując z dążenia do ciągłego doskonalenia jakości produktów i usług[310].

Współpraca trzech koncepcji LM, SS i TO jest stosowana w celu usprawnienia systemów produkcyjnych. Są to trzy różne podejścia do zarządzania, i chociaż każda z nich skupia się na innych aspektach produkcji, ich współpraca pozwala na osiągnięcie efektu synergii. LM skupia się na eliminacji marnotrawstwa, czyli wszelkich działań nie przynoszących wartości dla klienta poprzez zwiększenie

---

309 A.M. Carvalho, P. Sampaio, E.S. Rebentisch, J. Oehmen, *Technology and Quality Management: a review of concepts and opportunities in the Digital Transformation*, Conference: International Conference on Quality Engineering and Management 2020, s. 7-9.

310 W.H. Dettmer, *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to…*, op. cit., s. 15.

efektywności, poprawę organizacji pracy, poprawę przepływu procesów produkcyjnych i zaangażowanie pracowników w procesy decyzyjne. SS to podejście, które skupia się na redukcji zmienności procesów i minimalizacji liczby defektów w produkcji oraz zmniejszeniu odchylenia jakości produktów od wymagań klienta. Jest oparte na wykorzystaniu narzędzi statystycznych i doskonaleniu procesów w celu zminimalizowania ryzyka powstawania błędów i wad. Natomiast TO koncentruje się na identyfikowaniu i eliminacji najważniejszych ograniczeń w systemie produkcyjnym, hamujących wydajność, w celu zwiększenia przepustowości[311]. Każda z koncepcji stawia na pierwszym miejscu jakość produktu lub usługi, a także ciągłe doskonalenie procesów. Wszystkie opierają się na podejściu ciągłej poprawy, co oznacza, że są stosowane w sposób iteracyjny, z cyklicznymi ocenami i poprawami procesu produkcyjnego. Wszystkie trzy metody skupiają się na poprawie wydajności i jakości produkcji, w celu zwiększenia zysków i zadowolenia klientów.

TO i LM to koncepcje mające na celu usprawnienie działalności organizacji poprzez lepsze wykorzystanie zasobów i zwiększenie efektywności. Obie koncepcje skupiają się na zaangażowaniu pracowników i elastyczności działania w celu dostosowania się do potrzeb klientów, poprzez zastosowanie rozwiązań umożliwiających bezpośrednią reakcję (system Kanban w koncepcji LM, metoda DBR w TO). TO ma wiele podobieństw do koncepcji przedstawionych w ramach LM. Na przykład bufor w TO może być porównany do supermarketu w ramach LM, chociaż ten ostatni jest sterowany przez systemy kanbanu produkcyjnego lub transportowego. Najważniejszym celem każdej koncepcji zarządzania jest skuteczność w rozwiązywaniu problemów i usprawnianiu procesów[312]. Warto podkreślić, że obie koncepcje opierają się na pięciu zasadach i kładą nacisk na cykliczne stosowanie tych zasad w celu uzyskania jak najlepszych wyników. Jednak, choć koncepcje te mają wiele wspólnych cech, to ostatecznie realizują swoje cele w inny sposób. TO koncentruje się na uzyskaniu zrównoważonego przepływu materiałów i informacji oraz na maksymalnym wykorzystaniu możliwości ograniczeń w celu uzyskania jak największego przerobu. Natomiast LM skupia się na konstrukcji wyszczuplonego strumienia wartości i na uzyskaniu możliwości wyciągania przez klienta oczekiwanych produktów. Obie koncepcje stanowią podstawę ciągłego doskonalenia, co przekłada się na poprawę jakości i zwiększenie efektywności organizacji[313].

---

311 K. Lisiecka, *TOC, Six Sigma i Lean Management…*, op. cit., s. 48-53.

312 A. Hamrol, *Zarządzanie i inżynieria…*, op. cit., s. 211.

313 J. Łopatowska, *Wykorzystanie Teorii Ograniczeń do realizacji zasad koncepcji Lean*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka" 2014, nr 11, s. 49-51.

Metody (TO, SS i LM) różnią się jednak między sobą pod względem swojego podejścia do problemu, co ma wpływ na ich zastosowanie i efektywność. Różnice można przedstawić w trzech obszarach:

1) Skupienie

   TO koncentruje się na identyfikowaniu i usuwaniu ograniczeń w procesie produkcyjnym w celu zwiększenia wydajności. Metoda ta zakłada, że istnieją kluczowe ograniczenia zmniejszające wydajność organizacji, i że usunięcie tych ograniczeń pozwoli na osiągnięcie większej wydajności i zysków. LM skupia się na eliminowaniu strat w procesie produkcyjnym, aby zwiększyć wydajność. Metoda ta skupia się na redukcji czasu, kosztów i zapasu poprzez usunięcie marnotrawstwa i doskonalenie procesów. SS skupia się na skuteczności spełnienia wymagań, poprzez redukcję zmienności i minimalizację błędów. Metoda ta wykorzystuje analizę danych i statystyk, aby zidentyfikować źródła błędów i wprowadzać ulepszenia pozwalające na redukcję błędów oraz poprawę jakości[314,315].

2) Metodyka

   TO koncentruje się na wykorzystaniu metody naukowej, procesów myślowych i krytycznej analizy, aby zidentyfikować i usuwać ograniczenia, wykorzystując na przykład DBR[316]. W LM stosuje się wiele narzędzi, takich jak 5S, VSM, JiT, Kanban[317]. Natomiast SS stosuje metodologię DMAIC opierającą się na analizie danych, a także wykorzystującą narzędzia i techniki statystyczne oraz kontrolę jakości[318,319].

3) Zasięg stosowania

   TO jest metodą skuteczną w sektorze produkcyjnym, gdzie procesy produkcyjne mogą być bardziej złożone i podatne na ograniczenia. Koncepcja ta znajduje również zastosowanie w innych branżach, takich jak usługi. LM może być wykorzystywany w wielu branżach i organizacjach, zarówno

---

314 A. Hamrol, *Zarządzanie jakością…*, op. cit., s. 67.

315 D. Nave, *How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints*, „Quality Process" 2020, s. 73-79.

316 *Lean Production*, strona internetowa, https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints/ [dostęp: 22.04.2023].

317 A. Kosieradzka, A. Uklańska, *Wykorzystanie współczesnych koncepcji i metod zarządzania organizacjami w zarządzaniu kryzysowym*, „Logistyka" nr 5, 2014, s. 799.

318 S. Lifvergren, B. Bergman, *Improving 'Improvement' by Refocusing Learning: Experiences from an -Initially- Unsuccessful Six Sigma Project in healthcare* [w:] A. Tauseef (red.), *Total Quality Management and Six Sigma*, InTech, 2012.

319 M. Lis, S. Ratajczak, *Six Sigma jako metoda doskonalenia jakości przedsiębiorstw w okresie rosnącej globalizacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie" 2014, vol 2, s. 45-58.

produkcyjnych, jak i usługowych. Metoda ta ma zastosowanie w procesach, które wymagają poprawy jakości, wydajności i zmniejszenia kosztów, w tym w logistyce, czy bankowości[320]. SS, podobnie jak LM, jest stosowana w wielu branżach i organizacjach, ale jest szczególnie skuteczna w procesach wymagających dokładnego pomiaru jakości, takich jak produkcja, usługi finansowe, czy zdrowotne. Metoda ta wymaga również zaangażowania i wiedzy personelu, co oznacza, że jest częściej stosowana w większych organizacjach, z doświadczonym zespołem specjalistów[321].

Tabela 3.6 przedstawia porównanie koncepcji LM, SS i TO. Każda z nich ma swoje pierwotne przeznaczenie, cele i motywacje, jak również skupia się na innych typach problemów i ma zróżnicowany stopień dopasowania do potrzeb organizacji. Dodatkowo każda z tych metod może znaleźć zastosowanie w różnych rodzajach organizacji i sytuacjach biznesowych. W podejściach LM i SS istnieje duże zapotrzebowanie na zaangażowanie pracowników w procesy. Z kolei TO skupia się bardziej na zaangażowaniu menedżerów w procesy decyzyjne. Metodologia SS kładzie duży nacisk na oszczędności finansowe generowane przez organizacje oraz zaangażowanie wyższej kadry kierowniczej. Aby wdrożyć tę metodologię w przedsiębiorstwie, potrzebna jest specyficzna infrastruktura, która obejmuje osoby z odpowiednim przeszkoleniem i certyfikatami, na przykład mistrzów Six Sigma, Master Black Belts, Black Belts, Green Belts i Yellow Belts. Jednakże sukces wdrożenia SS zależy również od integracji zespołu we wszystkich etapach metodyki rozwiązywania problemów. Standaryzacja programów nauczania SS stanowi problem zarówno dla przedsiębiorstw produkcyjnych, jak i usługowych. Wiele organizacji i krajów posiada różne standardy szkoleń i certyfikacji, co utrudnia spójność zagadnień. Norma ISO 18404:2015 definiuje kompetencje dla SS, LM i Lean Six Sigma (LSS), ale nie jest jeszcze globalnie akceptowana. W Europie większość przedsiębiorstw przechodzi proces transformacji na LM, a tylko nieliczne większe organizacje przyjęły SS lub LSS jako swoją podstawową strategię doskonalenia procesów[322].

---

320 *Lean Center*, strona internetowa, https://leancenter.pl/bazawiedzy/lean-w-sektorach-uslug-finansowych [dostęp: 22.04.2023].

321 P. Kumar, *What is Six Sigma: Everything You Need to Know About It*, https://www.simplilearn.com/what-is-six-sigma-a-complete-overview-article [dostęp: 22.04.2023].

322 J. Antony, M. Sony, *An empirical study into the limitations and emerging trends of Six Sigma in manufacturing and service organisations*, „International Journal of Quality & Reliability Management" 2020, 37(3), s. 470-493.

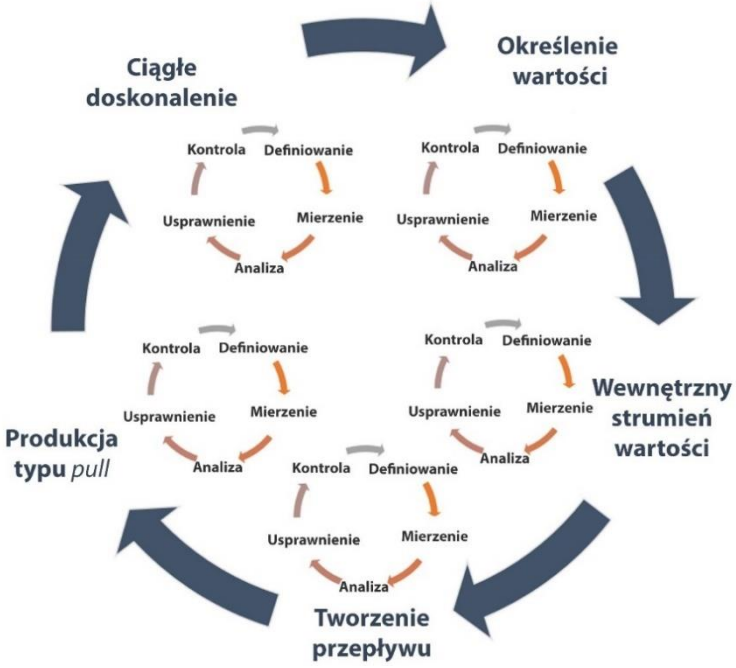
Tabela 3.6. Porównanie sposobów doskonalenia

Oznaczenie	Six Sigma	Lean Management	Teoria Ograniczeń
pierwotne przeznaczenie	maksymalizacja niezawodności	maksymalizacja wartości	maksymalizacja zysku
cel lub motyw	eliminowanie odchyleń, wahań	eliminowanie marnotrawstwa	eliminowanie ograniczeń
koncentracja działań	korelacja statystyczna	transparentność procesu	optymalne tempo
wartości społeczne	jednolitość w każdym aspekcie	dostosowanie do robienia więcej przy takich samych zasobach	maksymalizacja zwrotu z zainwestowanego kapitału
	ukierunkowanie, orientacja statystyczna	napędzanie korzeni	rachunkowość przerobu
	należy stosować się do wzoru określonego jako najlepszy proces	uzgodnione wykonywanie na bieżąco najlepszego wspólnego procesu	myślenie przez implikacje, dążenie do realnego przepływu pieniądza
	głos klienta uwzględniony w statystycznej ocenie wartości	klient jedynie sędzią, wartością jest to, za co klient płaci	globalny przepływ pieniądza przedstawia wartość
typy problemów	statystycznie łatwy do obróbki problem (duże liczby podobnych pozycji)	wszystko, co zostanie wykryte, transparentność umożliwia wspólny sens, korzyść	optymalizacja, każda lokalna jednostka, ogniwo optymalizowania pod kątem globalnego wyniku
	duże problemy, preferowane 500 000 US$	żaden wkład nie jest zbyt mały	koncentracja na pojedynczym ograniczeniu
dopasowanie do organizacji	duże organizacje, system centralnej kontroli, decyzje podejmowane przez szefów operacyjnych	organizacja jakiejkolwiek wielkości, delegowanie procesu sterowania, decyzje podejmowane przez menedżerów liniowych	organizacja jakiejkolwiek wielkości, centralny widok globalnych informacji, decyzje podejmowane przez księgowych

Źródło: K. Lisiecka, *TOC, Six Sigma i Lean Management – kompozycja metod na rzecz doskonalenia systemu zarządzania organizacją*, „Problemy Jakości" 2013, s. 48-53.

LSS to zintegrowane połączenie kluczowych cech LM i SS, które cieszy się dużą popularnością w wielu firmach. LSS łączy „szczupłe" podejście produkcyjne z koncepcją SS. W dzisiejszych czasach przedsiębiorstwa coraz bardziej skupiają się na systematycznym eliminowaniu odpadów oraz redukcji kosztów, co stanowi element podejścia LM. Jednocześnie stosują metody SS, aby skupić się na eliminacji

krytycznych problemów, które wpływają negatywnie na jakość produktów lub usług świadczonych przez organizację [323]. Na podstawie przeprowadzonych przez Thomas'a i jego zespół badań, opracowane zostało koncepcyjne rozwinięcie tradycyjnego podejścia LSS w postaci cyklicznego zastosowania cyklu DMAIC na każdym etapie Lean, co zaprezentowano na rysunku 3.6.



Rysunek 3.6. Cykl Lean Six Sigma

Źródło: opracowanie własne na podstawie: A.J. Thomas, M. Francis, R. Fisher, P. Byard, *Implementing Lean Six Sigma to overcome the production challenges in an aerospace company*, „Production Planning & Control" 2016, s. 1–13.

Takie podejście zapewni bardziej zrównoważone wdrożenie LSS, skupiając się na długoterminowych korzyściach zamiast krótkoterminowych zysków. Wymaga to szerszego zestawu narzędzi LM i SS, aby osiągnąć większą wydajność. Ponadto pozwala przedsiębiorstwom ustanowić najlepsze praktyki i oprzeć na nich przyszłe programy poprawy wydajności. Połączenie LM i SS pozwala na uzyskanie synergii obu podejść i osiągnięcie większych korzyści w zakresie poprawy jakości, efektywności i zadowolenia klienta, niż gdy stosowano je jako odrębne strategie. Celem LSS jest poprawa przepływu produktów i usług, w sposób sprawny

[323] E. Drohomeretski, S.E. Gouvea da Costa, E. Pinheiro de Lima, P. Andrea da Rosa Garduio, *Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: An Analysis Based on Operations Strategy*, „International Journal of Production Research" 2014, vol. 53, nr 3, s. 804–824.

i elastyczny, jak również eliminacja problemów, mogących negatywnie wpłynąć na jakość produktów lub usług[324].

W literaturze istnieje jeszcze jedno podejście, które łączy koncepcje TO, LM i SS, nazywane TLS. Koncentruje się na wykorzystaniu synergii między tymi metodologiami w celu osiągnięcia jak największej wydajności. Poprzez skupienie na najważniejszych ograniczeniach, wpływających na ogólną wydajność, TLS pozwala uniknąć zniechęcenia wynikającego z braku postępu. Połączenie miar takich jak przerób, nakłady operacyjne i inwestycje, w ramach koncepcji TLS zapewnia większą wartość dodaną i poprawia wydajność, co prowadzi do większego zwrotu z inwestycji w porównaniu do stosowania jednej z metod. Dzięki wdrożeniu LM i SS do TO wprowadzana jest dyscyplina oraz rygor, co z kolei prowadzi do zmniejszenia strat oraz zmienności[325]. W TLS, proces połączenia metod rozpoczyna się od opracowania mapy strategicznej, która kieruje działania przedsiębiorstwa na właściwy obszar, czyli taki, który może przynieść największe korzyści całemu systemowi. Następnym krokiem jest rekonfiguracja wskaźników, miar oraz polityki organizacji zgodnie z zasadami TO. Proces projektowany jest tak, aby był stabilny i przewidywalny, skoncentrowany na zarządzaniu ograniczeniami. W kolejnym etapie wdrażane są zaplanowane uprzednio działania w celu uzyskania oczekiwanych wyników. Następnie implementowane są narzędzia LM i SS w celu ciągłego doskonalenia. Na koniec następuje zinstytucjonalizowanie procesów wprowadzonych usprawnień oraz dokumentowanie szczegółów strategii przed ponownym rozpoczęciem cyklu. Skuteczne wdrożenie TLS wiąże się ze stworzeniem procedur operacyjnych, mechanizmów kontroli oraz systemów wczesnego ostrzegania. Dzięki temu możliwe będzie zapobieganie odchyleniom procesu i powstawaniu błędów. Ponadto dokumentacja umożliwi przeprowadzanie audytów procesu, podczas których wykryte nieprawidłowości doprowadzą do stworzenia planów działań naprawczych i zapobiegawczych[326]. Takie podejście pozwoli na ciągłe doskonalenie jakości i efektywności, jak również na utrzymanie osiągniętych wyników oraz wdrożenie procesu ciągłego doskonalenia jako sposobu pracy. TLS poprzez wykorzystanie synergii między koncepcjami LM, SS i TO, zapewnia skoncentrowaną na systemie metodologię ciągłego doskonalenia.

Najpopularniejsze wdrożenie TLS przeprowadzono u producenta elektroniki z siedzibą w Kalifornii. Przedsiębiorstwo zmagało się z próbą określenia wybranej strategii, która pozwoliłaby na długofalowe podniesienie poziomu usprawnienia rozwoju w przedsiębiorstwie. Kadra kierownicza skorzystała z usług konsultantów, którzy opracowali nową metodologię doskonalenia produktu, będącą połączeniem

---

[324] A.J. Thomas, M. Francis, R. Fisher, P. Byard, *Implementing Lean Six Sigma to overcome the production challenges in an aerospace company,* „Production Planning & Control" 2016, s. 7-9.

[325] B. Sproull, *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the Integration of Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints,* Productivity Press, 2009.

[326] K. Lisiecka, *TOC, Six Sigma i Lean Management…*, op. cit., s. 53.

TO, LM i SS. TLS w przedsiębiorstwie było głównym podejściem do ciągłego doskonalenia. Przez okres dwóch i pół roku organizacja przeprowadziła badanie w 21 fabrykach. W ciągu ponad dwuletniego badania zakłady zrealizowały łącznie 101 projektów. Spośród nich 11 fabryk wykorzystywało koncepcję SS, 4 fabryki zastosowały metodę LM, a 6 wdrożyło metodę TLS. Wyniki badania wykazały, że TLS miał największy wpływ na oszczędności finansowe przedsiębiorstwa, przyczyniając się do 89% wszystkich zgłoszonych oszczędności, podczas gdy SS i LM osiągnęły odpowiednio 7% i 4%. Wyniki oparto na kluczowych wskaźnikach procesu, takich jak terminowość dostaw, koszty gwarancji, zwroty od klientów, redukcja zapasów, skrócenie czasu cyklu i koszty złomu. Kierownik operacyjny poinformował, że TLS został dobrze przyjęty na wszystkich poziomach organizacji, a pracownicy czuli się pełni energii i dumni ze swoich osiągnięć. Wiceprezes i dyrektor generalny uznali program TLS za pełny sukces, a osiągnięte wyniki zinterpretowali jako znaczący zwrot z inwestycji. TO to podejście systemowe, które bierze pod uwagę oddziaływanie danego elementu na cały system, w przeciwieństwie do bardziej lokalnie skoncentrowanych metod takich jak LM i SS. Dlatego wykorzystanie narzędzi TO umożliwiło identyfikację miejsc w systemie, gdzie warto dokonać usprawnień, aby osiągnąć najlepsze efekty. Zastosowanie narzędzi TO w połączeniu z metodami LM i SS (TLS) pozwala osiągnąć wyniki aż o 3,9 razy lepsze, niż w przypadku stosowania tylko LM i SS[327]. Kombinacja TLS jest wykorzystywana w planowaniu i sterowaniu produkcją, zarządzaniu projektami, logistyce dystrybucji oraz marketingu[328].

Współdziałanie koncepcji TO, LM i SS umożliwia pełną kontrolę nad procesem produkcyjnym, jak również poprawę jakości produktów, zwiększenie wydajności oraz redukcję kosztów. Dlatego te metody są coraz częściej wykorzystywane w obecnych systemach produkcyjnych, w szczególności tych, które wymagają wysokiej wydajności przy minimalnych kosztach. Współdziałanie koncepcji pozwala również na osiągnięcie kompleksowego podejścia do zarządzania produkcją, uwzględniającego wszystkie aspekty procesu produkcyjnego. Dzięki temu możliwe jest usprawnienie procesów, zwiększenie wydajności, zredukowanie kosztów, poprawienie jakości produktów, a także zwiększenie zadowolenia klientów poprzez dostarczanie im produktów i usług najwyższej jakości. Implementacja TLS może przyczynić się do zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstwa i osiągnięcia większych zysków. Wdrożenie TLS może wymagać dużych nakładów czasu i zasobów. Współpraca między metodami może prowadzić do powstania bardziej kompleksowych podejść do zarządzania systemem produkcyjnym, na przykład poprzez wzmocnienie roli TO, jako ramy strategicznej, podczas gdy LM i SS będą służyły do eliminacji wad i marnotrawstwa w procesach. Każda z metod

---

[327] R.M. Pirasteh, K.S. Farah, *Continuous Improvement Trio (TOC, Lean and Six Sigma)*, „APICS Magazine" 2006, s. 31-33.

[328] K. Lisiecka, *TOC, Six Sigma i Lean Management…*, op. cit., s. 53.

posiada unikalne narzędzia i techniki, a ich integracja może doprowadzić do bardziej kompleksowych rozwiązań[329].

System Zarządzania Jakością ISO 9001 jest często niedocenianym, a jednak niezwykle wartościowym narzędziem i ścieżką do usprawnienia organizacji. Jego głównym celem jest uproszczenie relacji między procesami oraz ludźmi odpowiedzialnymi za ich realizację. Tworzy on środowisko, w którym doskonalenie staje się zasadą, a wszelkie ograniczenia podlegają mierzalnej i łatwej do kontroli ocenie. To właśnie dlatego istnieje silne powiązanie koncepcji TO z rozwiązaniami systemu jakości. W wyniku wdrożenia normy ISO 9001, opracowana dokumentacja stanowi obowiązujący wewnętrzny standard postępowania. Szczególnie widoczne staje się to w sytuacjach konfliktowych, gdzie niezbędne jest określenie miejsca powstania niezgodności oraz ustalenie odpowiedzialności za błędy. Jednakże, ważnym aspektem doskonalenia jest identyfikacja czynników ograniczających system, ponieważ to one prowadzą do błędów. W tym miejscu TO pojawia się jako praktyczne podejście do zarządzania ograniczeniami. Po zidentyfikowaniu ograniczenia konieczne jest wyeksploatowanie go poprzez skupienie na nim uwagi. Nie należy mylnie sądzić, że dotyczy to tylko procesów produkcyjnych. Poświęcić szczególną uwagę należy bowiem miejscom, w których pojawiają się błędy, gdy „coś nie działa" lub „ktoś, czegoś nie umie". Następnie należy podporządkować inne procesy temu ograniczeniu. Takie działanie minimalizuje prawdopodobieństwo wystąpienia błędów i marnotrawstwa czasu, zwłaszcza poprzez redukcję strat wynikających z oczekiwania. W przypadku, gdy jest to możliwe, należy wzmocnić obszar ograniczenia poprzez dostarczenie dodatkowych lub ulepszonych zasobów. Wzmocnienie to może obejmować nawet zmianę struktury organizacyjnej lub sposobu działania. Na końcu, zgodnie z TO, należy powrócić do punktu wyjścia i poszukiwać kolejnego słabego punktu w systemie. W ten sposób, wykorzystując system zarządzania jakością ISO 9001 i integrując go z podejściem TO, można skutecznie doskonalić organizację i osiągać lepsze rezultaty[330].

---

[329] S. Ahmed, *Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare,* „Reviews on Environmental Health" 2019, s .1-8.

[330] B. Murawski, *ISO 9001, Lean, Teoria Ograniczeń na wspólnej drodze,* https://murawski.leancenter.pl/iso9001/ [dostęp: 20.06.2023].

4. Metodyka badań

4.1. Charakterystyka branży poligraficznej

Branża poligraficzna jest jedną z systematycznie rozwijających się na przestrzeni ostatnich lat gałęzią polskiej gospodarki. W 2018 roku przedsiębiorstwa poligraficzne stanowiły 3,28% wszystkich polskich przedsiębiorstw. Rozwój technologii oraz wzrost sprzedaży maszyn i urządzeń wykorzystujących Big Data i dane zgromadzone w chmurze pozwoliły polskim firmom poligraficznym na dogonienie rynków zachodnich oraz stanie się konkurencyjnym rynkiem na arenie międzynarodowej. Znacząca liczba polskich przedsiębiorstw rozpoczęła sprzedaż na rynkach międzynarodowych i dogania wskaźniki efektywności firm z innych, wysokorozwiniętych krajów[331].

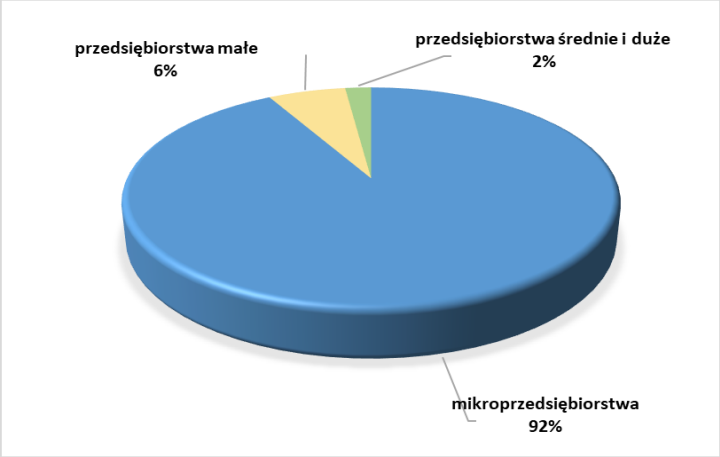
Zgodnie z informacjami publikowanymi przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) Polska jest największym rynkiem poligraficznym w regionie Europy Środkowo-Wschodniej i piątym w całej Unii Europejskiej pod względem przychodów i liczby zatrudnionych osób[332]. W branży poligraficznej w Polsce w 2020 roku odnotowano 9 322 przedsiębiorstwa prowadzące działalność gospodarczą, w tym 92% to mikroprzedsiębiorstwa (do 9 zatrudnionych osób), 6% – firmy małe (od 9 do 49 zatrudnionych osób), a pozostałe 2% to spółki średnie (od 50 do 249 zatrudnionych osób) i duże (powyżej 250 zatrudnionych osób). W sumie, w branży poligraficznej w 2020 roku w Polsce pracowało około 55 tys. osób. Strukturę przedsiębiorstw poligraficznych w Polsce w zależności od ich wielkości przedstawiono na rysunku 4.1.

W ciągu ostatnich lat nie można wyróżnić jednego wyraźnego trendu w zakresie liczby przedsiębiorstw poligraficznych w Polsce, wskazującego na ich wzrost lub spadek. Jednak zauważalny jest spadek liczby mikroprzedsiębiorstw oraz liczby pracowników zatrudnionych w nich od roku 2019. Głównym czynnikiem, który przyczynił się do tego spadku, była pandemia COVID-19. Wiele spośród mikroprzedsiębiorstw to punkty ksero prowadzone przez jedną osobę, które nie były w stanie przetrwać skutków ekonomicznych pandemii. Duży wpływ został wywarty na podmioty drukujące media papierowe, takie jak gazety lub książki, których sprzedaż spadła ze względu na ograniczenia epidemiologiczne. Jednakże w roku poprzedzającym pandemię zauważalny był zdecydowany wzrost liczby przedsiębiorstw poligraficznych, w stosunku do lat poprzednich. Wzrost ten wskazuje na zainteresowanie przedsiębiorców inwestowaniem w branżę poligraficzną, co świadczy o zauważeniu potencjału i możliwości zarobku w tym

[331] W. Cetra, *Poligrafia w czasie pandemii*, „Zarządzanie Mediami" 2021, tom 9(1), s. 175.

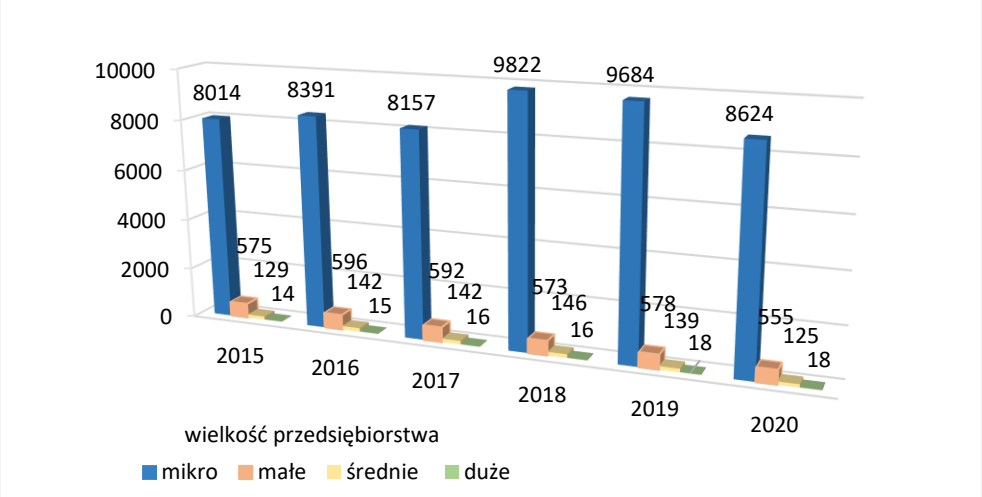
[332] Główny Urząd Statystyczny, strona internetowa, https://stat.gov.pl/ [dostęp: 04.04.2023].

sektorze[333]. Liczbę przedsiębiorstw poligraficznych w poszczególnych grupach w latach 2015-2020 pokazano na rysunku 4.2.



Rysunek 4.1. Struktura przedsiębiorstw poligraficznych w Polsce ze względu na ich wielkość w roku 2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.



Rysunek 4.2. Liczba przedsiębiorstw poligraficznych w poszczególnych grupach w latach 2015-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

[333] Ibidem, s. 180.

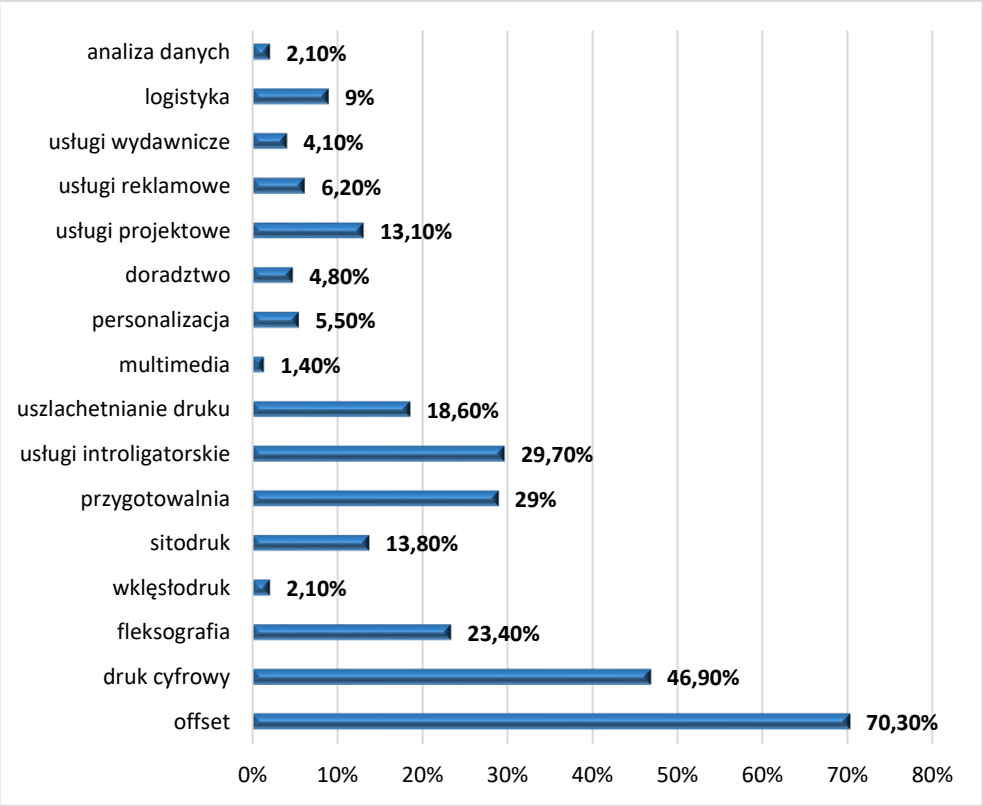
Obroty wygenerowane przez polskie przedsiębiorstwa poligraficzne w 2020 roku wyniosły 4,3 mld EUR i należały do jednych z największych w całej branży w krajach Unii Europejskiej. Polska zajęła piąte miejsce w Unii Europejskiej pod względem wartości obrotów, wyprzedzając większość krajów. Na pierwszym miejscu znajdował się rynek niemiecki z obrotami wynoszącymi 16,8 mld EUR, na drugim miejscu Włochy (8,9 mld EUR), na trzecim Francja (6,6 mld EUR), a na czwartym Hiszpania (5,3 mld EUR). Średnie przychody polskich przedsiębiorstw plasowały się na poziomie 456 tys. EUR. Wynik ten był znacznie mniejszy niż w przypadku przedsiębiorstw niemieckich (1,539 mld EUR). Na podstawie omawianych danych można wnioskować, że polski rynek jest mniej skonsolidowany, niż rynki Europy Zachodniej. Na naszym rynku istnieje wiele mniejszych przedsiębiorstw o niewielkich obrotach i małej sprzedaży, a liczba dużych potentatów poligrafii, którzy generowaliby jeszcze większe obroty, na poziomie Niemiec czy Włoch, jest symboliczna.

Kolejnym ważnym wskaźnikiem charakteryzującym branżę poligraficzną jest stosunek przychodów w zależności od liczby osób zatrudnionych w przedsiębiorstwie. Na podstawie tego wskaźnika można określić średnią produktywność przedsiębiorstw w różnych krajach. W 2020 roku średnia produktywność krajów w Unii Europejskiej (UE) wyniosła 108,6 tys. EUR. Krajem o największej produktywności okazała się Belgia z wynikiem 212,5 tys. EUR przychodu na jednego pracownika, następnie Austria (177,7 tys. EUR) oraz Dania (172,8 tys. EUR). Zauważalna jest znaczna dysproporcja w przychodach na jednego pracownika pomiędzy krajami zachodnioeuropejskimi i wschodnioeuropejskimi. Produktywność polskich przedsiębiorstw znalazła się poniżej średniej UE i wynosiła tylko 78,1 tys. EUR na pracownika, co świadczy o mniejszej efektywności pracy pracowników i nadal dużej dysproporcji między Polską, a krajami wysokorozwiniętymi. Jest to jednak lepszy wynik, niż średnia produktywność sąsiednich krajów. W sąsiadujących z Polską Czechach średnia produktywność wyniosła 66,3 tys. EUR na pracownika[334].

Branża poligraficzna oferuje klientom szeroki wachlarz produktów, co wymaga wykorzystania również wielu różnych technologii ich wyprodukowania. W Polsce w 2022 roku najczęściej wykorzystywaną technologią był druk offsetowy, który wykorzystywało aż 70,3% przedsiębiorstw. Kolejne pozycje pod względem popularności zajmowały druk cyfrowy – 46,9%, a także usługi introligatorskie – 29,7%. Technologia offsetowa miała znaczny udział w sprzedaży, stanowiąc około 80% udziału w przedsiębiorstwach wykorzystujących tę technologię. Jednak, mimo że druk cyfrowy był drugą najczęściej wykorzystywaną technologią, stanowił on jedynie 20% udziału w sprzedaży w przedsiębiorstwach korzystających z tej technologii. Jednym z kluczowych elementów całkowitej sprzedaży generowanej

[334] Raport Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce*, edycja ósma i dziewiąta, Warszawa 2022, s. 29.

przez przedsiębiorstwa było wykorzystanie fleksografii, która stanowiła 90% udziału w sprzedaży w przedsiębiorstwach wykorzystujących tę technologię[335]. Technologie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku przedstawiono na rysunku 4.3.



Rysunek 4.3. Technologie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce*, edycja ósma i dziewiąta, Warszawa 2022, s. 58.

Ciągły rozwój technologii, rosnące wymagania konsumentów, a także konkurencyjność rynku krajowego i międzynarodowego, wymuszają na przedsiębiorstwach konieczność poszerzania gamy oferowanych usług oraz rozwoju tych, które już są w ofercie. Według danych przedstawionych w Raporcie Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, polskie przedsiębiorstwa poligraficzne na

[335] Ibidem, s. 58.

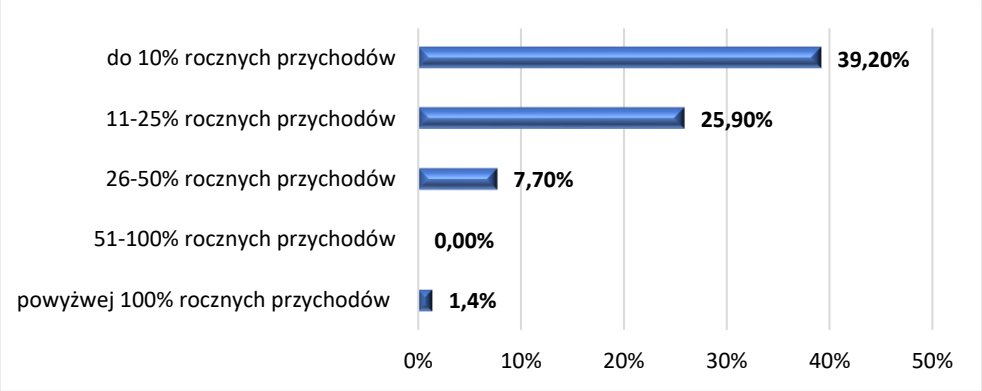
najbliższe 2-3 lata planują znaczne zwiększenie wykorzystania druku cyfrowego, uszlachetnienia druku oraz usług introligatorskich, czyli technologii obecnie najczęściej wykorzystywanych.

Aż 36,4% przedsiębiorstw planuje zwiększyć wykorzystanie druku cyfrowego, przy czym tylko nieliczne z nich rozważają zmniejszenie jego wykorzystania. Interesująca jest prognoza dotycząca technologii offsetowej, która przynosi znaczną część zysków w przedsiębiorstwach wykorzystujących tę technologię. Niewiele ponad 16% przedsiębiorstw planuje zwiększyć wykorzystanie tej technologii, a jednocześnie około 10% planuje zmniejszenie jej wykorzystania w swojej działalności. Tendencja ta może wskazywać na rozwój i inwestowanie w technologie alternatywne. Do równie rozwojowych technologii należy także uszlachetnianie druku, gdzie blisko 18% przedsiębiorstw planuje zwiększenie wykorzystywania go. Jest to obecnie jedna z najlepiej rozwijających się technologii druku i może stanowić dochodową gałąź branży poligraficznej. Można stwierdzić, że wpływ COVID-19 prawdopodobnie zmniejszył zakres planowanych zmian w przedsiębiorstwach. Pandemia wymusiła na organizacjach większą ostrożność w inwestycjach, a wcześniejsze planowanie zwiększenia usług introligatorskich prawdopodobnie nie osiągnęło tak znaczącego poziomu jak zakładano, ze względu na likwidację części punktów ksero, które głównie takie usługi oferowały oraz na wzrost popularności prasy i książek w wersji elektronicznej. Wiele przedsiębiorstw zauważyło, że przyszłościową technologią może być druk na materiałach certyfikowanych. Zauważalny jest również trend coraz większego skupienia uwagi na działaniach proekologicznych oraz wzrostu świadomości dotyczącej ochrony środowiska.

Polskie przedsiębiorstwa poligraficzne wprowadzają swoje produkty nie tylko na rynek krajowy, ale również eksportują je za granicę. W 2022 roku aż 61% przedsiębiorstw deklarowało sprzedaż produktów na rynkach zagranicznych. Zauważalny jest rosnący udział przychodów ze sprzedaży zagranicznej. W 2018 roku eksport stanowił 21% przychodu ze sprzedaży, w 2019 roku 24%, w 2020 roku 25%, a w 2021 roku już 27%. Tendencja ta świadczy o umocnieniu się polskich przedsiębiorstw na rynku międzynarodowym oraz o konkurencyjności ich produktów w porównaniu z produktami wykonywanymi w innych krajach. Największym importerem polskich produktów są Niemcy, Wielka Brytania, Francja, Holandia i kraje skandynawskie. Większość krajów, do których polskie przedsiębiorstwa poligraficzne eksportują swoje towary, to kraje Unii Europejskiej (UE). Jednolitość rynku i swoboda przepływu towarów i osób pomiędzy krajami UE sprzyjają prowadzeniu działalności gospodarczej i nawiązywaniu współpracy międzynarodowej. Jednak za główną przeszkodę rozpoczęcia sprzedaży zagranicznej przez przedsiębiorstwa może być uznawana zbyt mała skala prowadzonej działalności lub skupienie się na lokalnym rynku. Do barier, które ograniczają firmy przed rozpoczęciem sprzedaży na rynkach zagranicznych, można zaliczyć również brak znajomości tych rynków, trudności ze znalezieniem partnerów

biznesowych, brak finansowania takich przedsięwzięć, a także bariery prawne i administracyjne wejścia na zagraniczny rynek.

Jak już wcześniej wspomniano, pandemia COVID-19 spowodowała dużą ostrożność wśród przedsiębiorców, którzy zredukowali swoje plany inwestycyjne. Wiele podmiotów wciąż odczuwa negatywne skutki ekonomiczne pandemii. Prawie 40% wszystkich przedsiębiorstw planuje zawiesić inwestycje w najbliższych 2-3 latach lub prognozuje, że nie przekroczą one 10% rocznych przychodów. Mikroprzedsiębiorstwa często nie przewidują wzrostu produkcji i tym samym nie inwestują w rozwój swojego biznesu. Tylko 1,4% przedsiębiorstw planuje inwestycje o wartości przekraczającej 100% rocznych przychodów. Tak niski odsetek wskazuje na dokonywanie inwestycji na mniejszą skalę. Strukturę planowanych nakładów inwestycyjnych w przedsiębiorstwach poligraficznych na najbliższe 2-3 lata przedstawiono na rysunku 4.4.



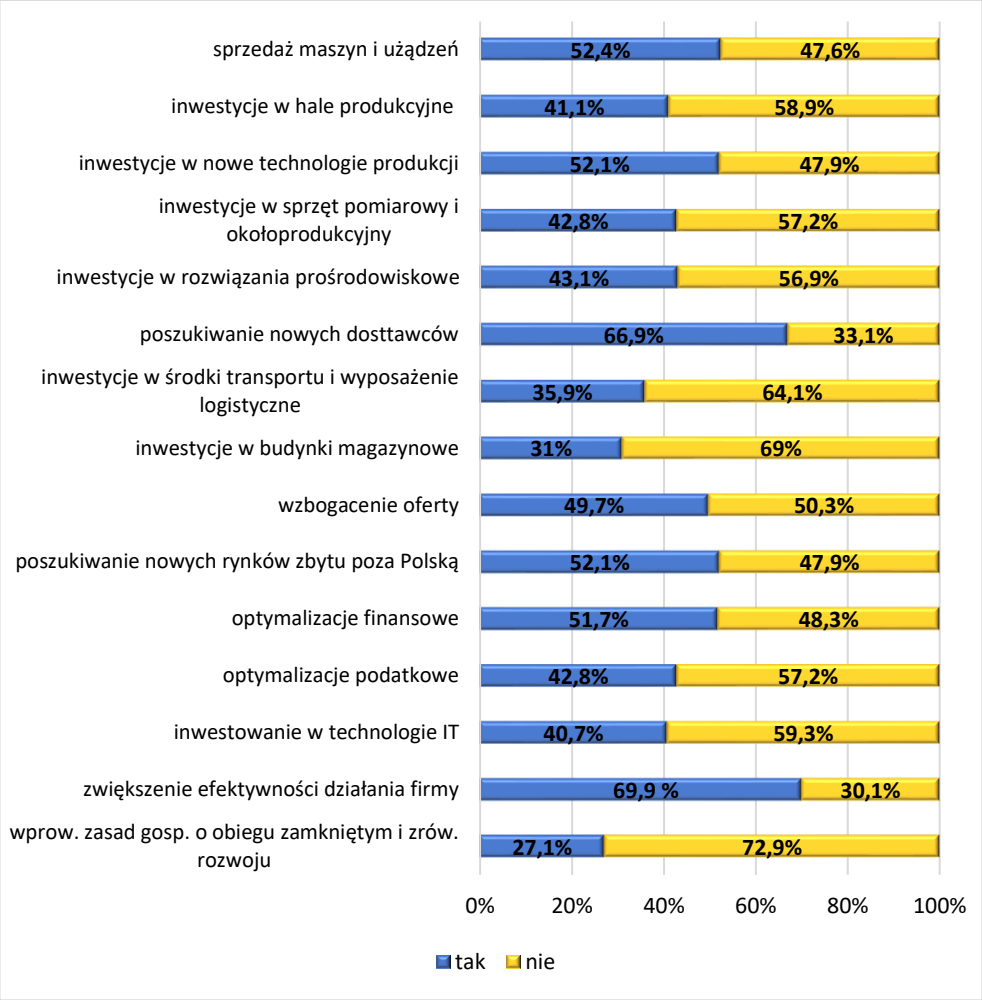
Rysunek 4.4. Planowane nakłady inwestycyjne na najbliższe 2-3 lata przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce*, edycja ósma i dziewiąta, Warszawa 2022, s 62.

Wśród głównych inwestycji, które przedsiębiorstwa podejmowały przed rokiem 2022 było wdrożenie innowacji. Aż 50% przedsiębiorstw wdrożyło strategię zarządzania odpadami, a 40,8% rozwiązania prośrodowiskowe. Ponadto ponad 30% przedsiębiorstw przeznaczyło środki na badania i rozwój, a prawie 45% skorzystało z usług doradczych. Potwierdza to pozycję branży poligraficznej jako jednego z najbardziej innowacyjnych sektorów w Polsce[336].

[336] Ibidem, s. 59-61.

Pomimo deklarowanej ostrożności w inwestowaniu oraz niskich planowanych nakładów inwestycyjnych, przedsiębiorstwa poligraficzne wyznaczają sobie ambitne cele na najbliższe lata. Konkurencyjność oraz rosnące wymagania ze strony klientów są czynnikami, które zmuszają je do podejmowania kolejnych działań w celu poprawy swojej pozycji na rynku. Struktura planowanych celów inwestycyjnych polskich przedsiębiorstw poligraficznych na najbliższe 2-3 lata przedstawiona została na rysunku 4.5.



Rysunek 4.5. Przyjęte przez przedsiębiorstwa cele inwestycyjne na najbliższe 2-3 lata przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku

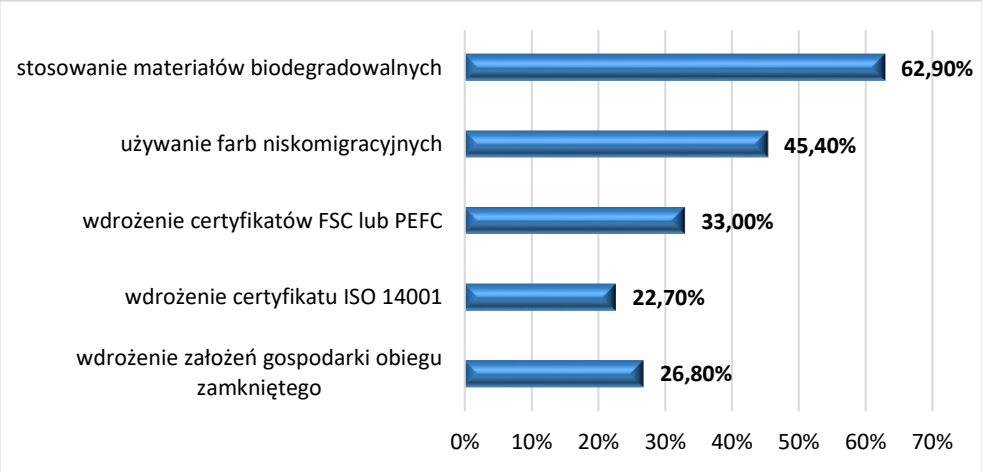
Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce*, edycja ósma i dziewiąta, Warszawa 2022, s 63.

Za priorytetowe działanie inwestycyjne, przedsiębiorstwa stawiają sobie ogólne zwiększenie efektywności prowadzonej działalności, dzięki czemu możliwe będzie zwiększenie generowanych zysków. Około 67% podmiotów planuje inwestować w poszukiwanie nowych dostawców, dzięki czemu będą mogli wzbogacić swoją ofertę lub obniżyć koszty produkcji. Wiele przedsiębiorstw deklaruje również inwestowanie w poszukiwanie zagranicznych rynków zbytu dla swoich produktów. Oprócz inwestycji okołoprodukcyjnych firmy deklarują chęć inwestowania w zakup nowych maszyn i urządzeń, inwestycje w technologie IT, sprzęt pomiarowy i produkcyjny lub w budowę hal produkcyjnych. Wiele z przedsiębiorstw planuje zainwestować we wzbogacenie swojej oferty i innowacje produktowe. Przedsiębiorcy chcą również finansować rozwiązania prośrodowiskowe oraz wykorzystywać optymalizacje finansowe i podatkowe. Ponadto planują inwestować w środki transportu i usługi logistyczne. Cele inwestycyjne planowane przez przedsiębiorstwa pokrywają się z wcześniej zaprezentowanymi danymi wskazującymi na chęć zwiększenia eksportu oraz rozwijania technologii[337].

Jak we wszystkich sektorach produkcji, również w poligrafii pojawia się temat ekologii i wpływu branży na środowisko. Wymogi prawne i rosnąca świadomość ekologiczna społeczeństwa zmusza przedsiębiorców do podejmowania działań proekologicznych. Jak już wcześniej wspomniano, część planowanych inwestycji dotyczy działań prośrodowiskowych. Szukając rozwiązań, które mogłyby mieć pozytywny wpływ na środowisko, ponad 60% producentów deklaruje konieczność stosowania materiałów biodegradowalnych przy produkcji swoich wyrobów, a 45,4% deklaruje użycie farb niskomigracyjnych. Część badanych widzi korzyści z wprowadzania gospodarki o obiegu zamkniętym, dzięki której wartość surowców, materiałów i gotowych produktów jest zachowywana możliwie jak najdłużej, a powstawanie odpadów jest minimalizowane. Wprowadzenie takiej gospodarki wymaga od przedsiębiorstw dużych nakładów pracy i nie zawsze jest opłacalne finansowo, jednakże niesie za sobą liczne zyski niematerialne. Nie wszystkie przedsiębiorstwa widzą również konieczność edukowania i zwiększania świadomości proekologicznej pracowników. Certyfikaty środowiskowe stają się coraz popularniejszym rozwiązaniem wdrażanym w przedsiębiorstwach. Polega to na dostosowaniu standardów działania organizacji do zaleceń i wymagań przewidywanych przez odpowiednie normy dotyczące ochrony środowiska. Uzyskanie certyfikatu FSC (ang. *Forest Stewardship Council*) lub PEFC (ang. *Programme for the Endorsement of Forest Certification*) stanowi dowód na to, że przedsiębiorstwo prowadzące produkcję, przetwarzanie oraz handel drewnem i produktami pochodzenia leśnego, w tym papierem, działa zgodnie z wymaganiami UE, oraz że użyte w procesie produkcji drewno pochodzi z legalnych źródeł. W 2022 roku, 33% przedsiębiorstw zadeklarowało wdrożenie tych certyfikatów. Kolejnym ważnym certyfikatem, który zyskuje coraz większą popularność jest ISO 14001,

[337] Ibidem, s. 63.

którego wdrożenie zadeklarowało 22,7% przedsiębiorstw. Potwierdza on stosowanie przepisów dotyczących organizacji Systemu Zarządzania Środowiskowego. Wdrażanie przedstawionych certyfikatów pozwala przedsiębiorstwom poprawić wizerunek w oczach konsumentów oraz zwiększyć ich zaufanie, co może przyczynić się do zwiększenia sprzedaży. Ponadto, certyfikaty umożliwiają redukcję kosztów, zmniejszenie zużycia energii elektrycznej oraz zwiększenie zaufania w oczach klientów i współpracowników[338]. Planowane wdrożenia działań proekologicznych w przedsiębiorstwach poligraficznych przedstawiono na rysunku 4.6.



Rysunek 4.6. Planowane wdrożenia rozwiązań proekologicznych przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce*, edycja ósma i dziewiąta, Warszawa 2022, s. 66.

Na podstawie przedstawionych danych zauważalne jest jak mocno rozwiniętą branżą jest polski sektor poligraficzny. Ciągłe udoskonalanie produkcji, wdrażanie nowych technik produkcyjnych i zwiększanie wachlarza usług pozwala na umacnianie się polskiej gospodarki na arenie międzynarodowej. Dzięki dużej popularności branży poligraficznej i chęci wielu przedsiębiorców do inwestowania w tę gałąź gospodarki, technologicznie zbliża się ona do krajów zachodnioeuropejskich.

[338] Ibidem, s. 66.

4.2. Charakterystyka metody studium przypadku

Studium przypadku (ang. *case study*) jest metodą badawczą zaliczaną do badań jakościowych, której celem jest dokładna analiza pojedynczego przypadku lub kilku przypadków i może być przeprowadzana przez jednego badacza lub zespół badawczy. Jej celem jest poznanie szczegółów, okoliczności i kontekstu danego przypadku oraz wyciągnięcie wniosków i implikacji dla dalszych badań lub praktyki. Przez przypadek należy rozumieć pojedynczy obiekt badawczy, który jest wyodrębniany na podstawie określonego celu badawczego, a także kontekstu, w którym jest usytuowany. Przypadek jest analizowany za pomocą różnych technik gromadzenia i analizy danych w celu uzyskania szczegółowej i głębokiej wiedzy na temat danego zjawiska, procesu lub problemu[339]. Metodę badania przypadków wyróżniają trzy cele: teoriotwórczy, testowania teorii oraz orientacji praktycznej. Pierwszy cel dotyczy rozwijania istniejącej teorii poprzez dostarczanie wyjaśnień zjawisk, które do tej pory pozostawały nierozpoznane oraz pomaga w zrozumieniu procesów w czasie. Drugi polega na testowaniu teorii poprzez jej falsyfikację oraz ukazywanie okoliczności, w których teoria ta nie sprawdza się. Natomiast trzeci cel jest związany z orientacją praktyczną i pomaga w zrozumieniu okoliczności oraz ścieżek decyzyjnych, jakie podejmują konkretni decydenci w określonych sytuacjach[340].

Wybór metody studium przypadku jest uzasadniony ze względu na eksplorację obszarów dotychczas słabo zbadanych, dla których brakuje ustalonej teorii lub ram poznawczych. W realizowanym procesie badawczym metoda ta posłużyła do weryfikacji opracowanej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej, a także do zebrania dodatkowych informacji pozwalających na uzupełnienie i uszczegółowienie zaproponowanego podejścia.

Istotnym aspektem studium przypadku są pytania badawcze, które pozwalają skoncentrować się na istotnych zagadnieniach związanych z analizowanym przypadkiem. W odniesieniu do badań jakościowych postawiono następujące pytania:

1) Czy opracowana koncepcja metodyki identyfikacji ograniczeń jest możliwa do zastosowania w rzeczywistym systemie produkcyjnym branży poligraficznej?
2) Czy opracowana koncepcja metodyki identyfikacji ograniczeń doprowadzi do jednoznacznego i trafnego wskazania wąskiego gardła badanego systemu produkcyjnego?

---

[339] W. Czakon, *Zastosowanie studiów przypadku w badaniach nauk o zarządzaniu* [w:] W. Czakon, *Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa 2016, s. 190.

[340] Ibidem, s. 192-198.

Badaniem zostały objęte dwa przedsiębiorstwa produkcyjne działające w branży poligraficznej. Na potrzeby badań nadano im fikcyjne nazwy. Wytypowane podmioty różniły się między sobą wielkością zatrudnienia. W badaniu wzięło udział jedno średnie i jedno duże przedsiębiorstwo. Obiektem badawczym jest system produkcyjny realizowany przez każdy podmiot. Przeprowadzone studium przypadku opiera się na dostępie do szczegółowych danych opisujących przypadek. Wykorzystano kilka źródeł danych mających na celu zapewnienie wiarygodności badań. Jako główne źródło informacji wykorzystano wywiady z kluczowymi źródłami informacji, a dokładnie z dyrektorami produkcji. Są to uczestnicy, którzy posiadają największą wiedzę oraz największe kompetencje decyzyjne w obszarze objętym badaniem. Następnym wykorzystanym źródłem były historyczne dane produkcyjne gromadzone przez badane podmioty, na podstawie których opierano wszystkie obliczenia. Dodatkowo wspierano się bezpośrednią obserwacją procesu produkcyjnego.

Badanie zostało wykonane zgodnie z ustalonym scenariuszem, który precyzował kolejność i zakres działań w procesie badawczym. Podczas realizacji studium przypadku, kluczowe zagadnienia zostały zdefiniowane w następujący sposób:

1. Ogólna charakterystyka przedsiębiorstwa:
   - wielkość przedsiębiorstwa,
   - zasięg działalności,
   - produkowane wyroby.
2. Metodyka identyfikacji wąskiego gardła w przedsiębiorstwie:
   a) Obserwacja:
      - przepływu produkcyjnego oraz podział na procesy,
      - bezczynności procesów,
      - stanu zapasu przed procesem,
   b) Analiza danych wtórnych i pierwotnych dotyczących:
      - aktywności procesów,
      - czasu cyklu procesów,
      - rodzaju strat produkcyjnych oraz uwzględnienia ich do czasu cyklu procesów,
      - rozpoznania zaangażowania każdego procesu w produkcję wyrobów oraz uwzględnienia tych informacji do czasu cyklu procesów,
   c) Ocena wyników analiz w kontekście pewności co do umiejscowienia wąskiego gardła.

4.3. Charakterystyka badania ankietowego

Studia przypadków przeprowadzone w przedsiębiorstwach pozwoliły na rozpoznanie możliwości wykorzystania opracowanej metodyki identyfikacji wąskich gardeł w branży poligraficznej. Jednakże aby móc dążyć do uogólnień odnośnie TO w branży poligraficznej, jak również sprawdzenia uniwersalności wykorzystania opracowanej metodyki, zastosowano badania ilościowe. W tego rodzaju badaniach do pomiarów wykorzystywane są skale pomiarowe, dzięki czemu możliwe jest zastosowanie wielu metod analizy statystycznej[341]. Wykorzystanie badania ilościowego polega na przeprowadzeniu ilościowych pomiarów zmiennych przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi badawczych. Ich celem jest zbadanie mało rozpoznanych zjawisk oraz określenie powiązań jakie panują pomiędzy zmiennymi[342].

W procesie badawczym wykorzystano kwestionariusz ankiety, który został opracowany w oparciu o dotychczasowy stan wiedzy oraz wyniki przeprowadzonych badań jakościowych[343]. Kwestionariusz ankiety skierowany do przedsiębiorstw z branży poligraficznej składa się z trzech części, poprzedzonych listem przewodnim zachęcającym do udziału w badaniu i wyjaśniający jego cel. Dodatkowo respondenci mieli podany adres e-mail autorki, na który mogli zgłosić chęć otrzymania raportu zbiorczego z wynikami badań, jak również zadać pytania dotyczące zagadnień znajdujących się w kwestionariuszu. Badania były anonimowe.

W ankiecie zawarto 11 pytań, spośród których 3 to pytania zamknięte wykorzystujące pięciostopniową skalę Likerta do oceny poszczególnych zjawisk. Wybór skali Likerta był podyktowany ze względu na komfort respondenta i szybkość wypełnienia ankiety, jak również późniejszym poddaniem otrzymanych wyników analizie statystycznej. Pozostałe 8 to pytania zamknięte z polami jednokrotnego lub wielokrotnego wyboru. Dodatkowe 2 pytania służyły do gromadzenia danych na temat respondentów. Część pytań zamkniętych uwzględniała możliwość podania własnej odpowiedzi. Wykorzystane narzędzie badawcze przedstawiono w załączniku.

W części I ankiety do zidentyfikowania zmiennych o charakterze jakościowym zastosowano skalę nominalną. Natomiast do oceny poziomów nasilenia poszczególnych zagadnień zastosowano skalę porządkową dwubiegunową. W części II ankiety do wskazania występowania (lub ich braku) pewnych cech związanych z identyfikacją wąskiego gardła wykorzystano skalę nominalną.

---

[341] S. Kaczmarczyk, *Badania marketingowe. Podstawy metodologiczne*, PWE, Warszawa 2011, s. 54.

[342] J. Niemczyk, *Metodologia nauk o zarządzaniu*, [w:] W. Czakon, *Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa 2016, s. 24.

[343] Wyniki badań jakościowych zostały szczegółowo omówione w rozdziale 5.

Część I ankiety zatytułowana *Ograniczenie* zawierała pytania dotyczące znajomości, a także praktycznego wykorzystania TO jak również innych koncepcji doskonalenia procesów, które są wykorzystywane w przedsiębiorstwach. W kolejnym kroku poproszono respondentów o ocenę czynników jako możliwych ograniczeń, które zostały wytypowane na podstawie przeglądu literatury oraz wcześniej przeprowadzonych badaniach jakościowych, pod kątem potencjalnego występowania w przedsiębiorstwie. Następny etap dotyczył wskazania podejmowanych działań mających na celu usprawnienie przepływu procesów oraz czynników, które wpłynęły na decyzję o ich zastosowaniu. Zapytano także o zmianę wskaźników operacyjnych przedsiębiorstwa w ostatnich 3 latach, co pozwoliło na identyfikację obecnego stanu firm poligraficznych. Ostatnie pytanie zawarte w tej części służyło do oceny barier, które występują lub mogą wystąpić podczas stosowania TO w badanych przedsiębiorstwach. Tak jak w przypadku ograniczeń, bariery zostały wyselekcjonowane na podstawie przeglądu literatury oraz przeprowadzonych badań jakościowych. Głównym celem pytań znajdujących się w tej części kwestionariusza było rozpoznanie stanu i możliwości wykorzystania TO w branży poligraficznej.

W części II zatytułowanej *Ograniczenie przedsiębiorstwa* poproszono respondentów o wskazanie jednego procesu produkcyjnego, który według nich jest obecnie wąskim gardłem. Lista potencjalnych wąskich gardeł została opracowana na podstawie przeglądu literatury branżowej oraz raportów analizujących rynek poligraficzny w Polsce. Ostatnie trzy pytania służyły do pozyskania informacji na temat systematycznej i celowej obserwacji procesu produkcyjnego, zbierania i analizy parametrów procesu oraz występujących strat produkcyjnych. Możliwe odpowiedzi zostały dobrane na podstawie przeprowadzonych badań jakościowych w przedsiębiorstwach. Głównym celem pytań znajdujących się w tej części kwestionariusza było pozyskanie informacji na temat wąskiego gardła oraz poziomu trudności jego wyznaczania w przedsiębiorstwie.

Część III – *Dane o przedsiębiorstwie* – służyła do pozyskania informacji o badanych podmiotach. Kwestionariusz umożliwił zgromadzenie danych dotyczących wielkości przedsiębiorstwa. W kolejnym etapie poproszono o wskazanie zasięgu działalności, co przełoży się na identyfikację skali ekspansji zagranicznej przedsiębiorstw.

Respondentami właściwego badania były przedsiębiorstwa zarejestrowane w sekcji C Polskiej Klasyfikacji Działalności – *Przetwórstwo przemysłowe*. Według danych GUS liczba przedsiębiorstw poligraficznych w Polsce w roku 2020 wyniosła 698 przy uwzględnieniu przedsiębiorstw zatrudniających powyżej 10 osób. Badanie było skierowane do małych, średnich i dużych podmiotów, z wyłączeniem mikroprzedsiębiorstw. W badaniu przewidziano pozyskanie próby reprezentatywnej. Minimalna liczebność próby przy założeniu współczynnika ufności na poziomie 0,95 oraz maksymalnym dopuszczalnym błędzie nie

przekraczającym 5%, obliczona dla populacji, wyniosła 248 respondentów. Ostatecznie uzyskano odpowiedzi od 237 przedsiębiorstw. Badanie zostało zakończone, ponieważ mimo wszelkich starań ze strony autorki nie było możliwe uzyskanie odpowiedzi od pozostałych podmiotów.

W pierwszym etapie realizacji procesu badawczego opracowany kwestionariusz ankiety został poddany procesowi walidacji w celu sprawdzenia poprawności narzędzia badawczego. Główną techniką realizacji procesu badawczego był wspomagany komputerowo wywiad z wykorzystaniem strony internetowej (ang. *Computer-Assisted Web Interview*, CAWI). Kwestionariusz badawczy w formie elektronicznej zamieszczono w serwisie google.com [344]. Dodatkową wykorzystaną techniką był wspomagany komputerowo wywiad telefoniczny (ang. *Computer-Assisted Telephone Interviewing*, CATI). Prośba o wzięcie udziału w badaniu została wysłana do 45 wybranych przedsiębiorstw, głównie z województwa podlaskiego i mazowieckiego, a wcześniej została poprzedzona kontaktem telefonicznym. Dodatkowo wykonano 2 wywiady telefoniczne. Formularz badawczy był skierowany głównie do kierowników i dyrektorów produkcji. Ostatecznie otrzymano 15 odpowiedzi, przy czym jedno przedsiębiorstwo reprezentował jeden respondent. Po analizie informacji zwrotnych (przesłanych drogą elektroniczną) nie dokonano żadnych zmian w kwestionariuszu.

Główne badanie ilościowe zostało zrealizowane przez instytut badawczy pn. „5 Zmysłów" w okresie maj-lipiec 2022 roku. Wykonane badanie pilotażowe pozwoliło udzielić szczegółowych wskazówek dotyczących przebiegu procesu badawczego firmie zewnętrznej. Z uwagi na fakt anonimowości badania i aby uniknąć powielenia otrzymanych w badaniu pilotażowym odpowiedzi, przekazano listę przedsiębiorstw, do których wysłano prośbę o udział w badaniu. Główną techniką realizacji procesu badawczego wykorzystywaną przez wykonawcę była metoda CAWI wspomagana metodą CATI. Kwestionariusz ankiety w formie elektronicznej zamieszczono w serwisie profitest.pl[345], po wcześniejszej akceptacji autorki niniejszej rozprawy. Wykonawca badań na bieżąco zgłaszał występujące problemy lub wątpliwości, które były rozwiązywane zgodnie z sugestiami autorki. Wyniki badań zostały przekazane w formie danych surowych w formacie arkusza Excel pakietu MS Office.

Poziom rzetelności obliczono za pomocą współczynnika α Cronbacha. Rzetelność w badaniach to spójność i powtarzalność, a więc każdorazowe zastosowanie opracowanego narzędzia badawczego będzie prowadzić do otrzymania takich samych wyników pomiaru podczas badania tego samego

[344] Kwestionariusz ankiety był dostępny pod adresem https://forms.gle/ogvb5tEhDui59ev1A w okresie marzec-kwiecień 2022 roku.

[345] Kwestionariusz ankiety był dostępny pod adresem https://www.profitest.pl/s/47606/lOF7dGGR w okresie maj-lipiec 2022 r.

zagadnienia (o ile to, co będzie mierzone nie uległo zmianom)[346]. Im wyższa jest spójność wewnętrzna narzędzia, tym wyższa jest wartość α Cronbacha. Współczynnik mieści się w zakresie od 0 do 1, jednak prawdopodobieństwo uzyskania skrajnych wartości jest bardzo małe. Wartość α Cronbacha należy rozpatrywać w następujących zakresach: poniżej 0,6 – niedopuszczalna, od 0,6 do 0,65 – niepożądana, od 0,65 do 0,7 – minimalnie dopuszczalna, od 0,7 do 0,8 – właściwa, od 0,8 do 0,9 – bardzo dobra, powyżej 0,9 – zalecane skrócenie skali[347]. Analizę rzetelności opracowanego narzędzia badawczego wykonano przy wykorzystaniu programu STATISTICA 13.3. Współczynnik α Cronbacha wyniósł 0,827. Należy go zatem interpretować jako bardzo dobry oraz wskazujący na bardzo dużą rzetelność narzędzia badawczego.

[346] A. Stanisz, *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, tom 3, Analizy wielowymiarowe, StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków 2007, s. 437.

[347] R.F. DeVellis, *Scale Development: theory and applications*, Wydanie II, SAGE Publications, Londyn, New Delhi 2003, s. 95.

5. Identyfikacja ograniczeń w branży poligraficznej – wyniki badań jakościowych

5.1. Koncepcja metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym

TO zakłada, że zdolność produkcyjna całego systemu przedsiębiorstwa jest uzależniona od zdolności przerobowej jego najsłabszego ogniwa – ograniczenia. Jest to czynnik decydujący o możliwościach produkcyjnych przedsiębiorstwa, ale jednocześnie jest to czynnik, który może ograniczać jego sukces, dlatego właściwe zarządzanie nim jest niezwykle ważne. Zidentyfikowanie ograniczeń jest kluczowe dla udoskonalenia systemu produkcyjnego i zwiększenia zysków. Przedsiębiorstwa stale rozwijające się i dążące do ciągłego doskonalenia wzmacniają swoją pozycję konkurencyjną na rynku [348]. W literaturze przedmiotu istnieje wiele metod identyfikacji wąskich gardeł, o czym szczegółowo omówiono w rozdziale 2.3. Jednak trudno jest wybrać jedną, która wskaże rzeczywiste ograniczenie systemu produkcyjnego. Stosując wybraną metodę nie ma pewności czy daje ona prawdziwy obraz wąskiego gardła w procesie. Badanie przeprowadzone na funkcjonującym systemie [349] ujawniło, że zastosowane metody identyfikacji wskazywały na odmienne procesy jako wąskie gardła. W związku z tym, należy stwierdzić, że brakuje praktycznych rozwiązań, które wspomogą identyfikację ograniczeń. Krok ten wymaga dalszych badań i praktycznych wskazówek, które pozwolą poprowadzić kadrę kierowniczą w kierunku skutecznej identyfikacji wąskich gardeł w realizowanych procesach.

W celu wykrycia wąskiego gardła w systemie produkcyjnym branży poligraficznej opracowano autorską metodykę identyfikacji ograniczeń. Proponowana koncepcja składa się z trzech etapów i łącznie ośmiu zadań:

1. Identyfikacja procesów tworzących przepływ wyrobów.
2. Rozpoznanie wąskiego gardła na podstawie:
   - wizualnej oceny bezczynności procesów,
   - wizualnej oceny stanu zapasów przed procesem,
   - pomiaru czasu aktywności procesów,
   - pomiaru czasu cyklu procesów,
   - pomiaru czasu cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych,
   - skorygowanego czasu cyklu na podstawie zaangażowania procesów,

---

[348] W. Urban, P. Rogowska, *The case study of bottlenecks identification for practical implementation to the Theory of Constraints*, XV International Conference: Multidisciplinary Aspects of Production Engineering (MAPE), Conference proceedings, vol. 1, nr 1, Wydawnictwo PANOVA, Zabrze 2018, s. 399.

[349] W. Urban, *TOC implementation in a medium-scale manufacturing…*, op. cit., s. 178-194.

3. Ustalenie wąskiego gardła oraz określenie dystansu do kolejnego ograniczenia.

Proponowana koncepcja ma na celu zaspokojenie potrzeb menedżerów w zakresie dostarczenia jasnych wskazówek na temat sposobów praktycznego rozpoznania, w którym miejscu w systemie produkcyjnym występuje wąskie gardło. Jest to pomocne narzędzie, przeznaczone dla kierowników produkcji, jak również dla ekspertów, do wykorzystania podczas stosowania TO.

Pierwszym, a zarazem bardzo ważnym etapem metodyki, bez którego skuteczna analiza nie jest możliwa jest **identyfikacja procesów tworzących przepływ wyrobów.** Wymaga to dokładnego zrozumienia procesów, jakie zachodzą w systemie produkcyjnym oraz identyfikacji wszystkich operacji, które są w podczas nich wykonywane. W tym celu należy przeprowadzić bezpośrednią obserwację procesu, uwzględniając nie tylko operacje produkcyjne, ale także rozszerzyć obserwację, na przykład o procesy logistyczne, magazynowe lub przepływ informacji. Głównym założeniem tego etapu jest nie tylko ułożenie procesów w logicznym porządku, ale przede wszystkim dokładne i wnikliwe zrozumienie zachodzących procesów oraz ich wzajemnych relacji. Podjęcie takich działań pozwala poznać i ocenić dotychczasowy stan systemu.

Przepływ produkcji w systemie produkcyjnym jest bezpośrednio związany z produkcją, która jest w toku i czeka na kolejne procesy. Dlatego kolejny krok, jaki obejmuje proponowana metodyka, to **wizualna ocena bezczynności procesów** na podstawie ich obserwacji. Dzięki temu działaniu można wykryć procesy, które nie są aktywne. Jednakże bezczynność danego procesu nie oznacza wprost, że nie stanowi on wąskiego gardła w systemie produkcyjnym. Warto zastanowić się, dlaczego dany proces jest nieaktywny – być może wynika to z problemów logistycznych lub braku odpowiedniej liczby pracowników na danym stanowisku. Należy pamiętać, że na podstawie jednej obserwacji nie można jednoznacznie wykluczyć, który proces nie jest wąskim gardłem. Dlatego zalecane jest wykonanie kilku obserwacji na różnych etapach produkcji i zmianach pracowniczych. Wykorzystując tę metodę wąskie gardło należy zidentyfikować na procesie, który byłby najrzadziej, lub być może nigdy, obserwowany jako bezczyny.

Następne proponowane działanie polega na dokładnej **wizualnej ocenie stanu zapasów przed procesem** poprzez szczegółową analizę jego poziomu. W tym celu konieczne jest przeprowadzenie obserwacji, podczas których należy przemieszczać się wzdłuż linii procesu. Istotne jest monitorowanie tworzących się zapasów między procesami oraz kontrolowanie ich optymalnego poziomu. W przypadku, gdy poziom zapasów jest zbyt wysoki, może to wskazywać na istnienie wąskiego gardła w systemie produkcyjnym, znajdującego się za tymi zapasami. W celu potwierdzenia, rekomendowane jest wykonanie przynajmniej dwóch obserwacji w różnym czasie.

Kolejnym krokiem jest **pomiar czasu aktywności procesów**. W zależności od danych jakimi dysponuje przedsiębiorstwo, czas aktywności można zmierzyć na dwa sposoby. Pierwsza możliwość to pobranie danych z systemu monitorowania maszyn. Druga to obserwacja i bezpośredni pomiar czasu pracy procesów przez okres zapewniający jego wiarygodność. Po dokonaniu pomiarów każdego procesu należy porównać czasy aktywności między tymi procesami. Należy zwrócić szczególną uwagę na ten proces, który charakteryzuje się najdłuższym czasem spędzonym w stanie aktywnym, ponieważ jest to wąskie gardło.

Następnym proponowanym w metodyce działaniem jest **pomiar czasu cyklu (C/T) każdego procesu**. Wskaźnik ten pozwala określić rzeczywisty czas pomiędzy produkcją kolejnych sztuk wyrobu w procesie. W zależności od podziału przepływu i procesów może dotyczyć również czasu załadunku lub transportu. Proces, który charakteryzuje się najdłuższym C/T, jest uważany za wąskie gardło. W przypadku zastosowania tej metody, do pomiaru C/T można podejść na dwa sposoby. Pierwsza możliwość to bezpośredni pomiar C/T przy maszynie. W przypadku niektórych kluczowych procesów produkcyjnych w poligrafii, takich jak drukowanie lub sztancowanie, bezpośredni pomiar czasu cyklu może być utrudniony lub nawet niemożliwy ze względu na dużą prędkość maszyn. Natomiast w przypadku innych procesów (zidentyfikowanych w pierwszym etapie metodyki), takich jak na przykład prace ręczne, bezpośredni pomiar jest możliwy. Drugie podejście to oszacowanie czasu cyklu na podstawie zbieranych danych. W przypadku braku możliwości bezpośredniego pomiaru, aby oszacować C/T należy wykorzystać dostępne dane, takie jak czas pracy poszczególnych maszyn, czy liczba wyprodukowanych wyrobów w określonym czasie. Ważne jest jednak, aby uwzględnić różnice w warunkach produkcji między okresami, w których odbywały się pomiary oraz ewentualne zmiany w procesie produkcyjnym.

Pomiar C/T procesów z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych to kolejny proponowany etap, prowadzący do identyfikacji wąskiego gardła w systemie produkcyjnym. W opracowanej metodyce straty produkcyjne są definiowane jako czynniki bezpośrednio wydłużające obróbkę partii, wynikające na przykład z oczekiwania na dostępność maszyn lub procesów, awarii, przezbrojeń maszyn lub nieplanowanych przestojów, które uniemożliwiają lub ograniczają możliwość wytwarzania w danym czasie. Czas strat należy ustalić wykorzystując dane zbierane przez przedsiębiorstwo. Uwzględnienie strat produkcyjnych do wartości C/T procesów to ważny element, który ostatecznie wpływa na wynik. Według omawianej metody proces z najdłuższym C/T to wąskie gardło.

Branża poligraficzna charakteryzuje się dużą różnorodnością oferowanych produktów. W zależności od wymagań klienta i specyfiki zlecenia, produkowane wyroby w różnym stopniu wykorzystują procesy produkcyjne przedsiębiorstwa. Brak ciągłości przepływu wyrobu przez proces produkcyjny prowadzi do różnego zaangażowania poszczególnych procesów produkcyjnych. W przypadku takiej

charakterystyki systemu produkcyjnego, kolejną metodą wyróżnianą w metodyce identyfikacji wąskiego gardła jest **skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów** w produkcję asortymentu. Jak nazwa wskazuje, metoda ta koncentruje się na pomiarze C/T każdego procesu, ale dodatkowo także stopnia jego zaangażowania w strumieniu produkcyjnym. Iloczyn tych dwóch wskaźników wskaże faktyczny czas potrzebny do wyprodukowania wyrobu we wszystkich zidentyfikowanych procesach. Skorygowany C/T odzwierciedla rzeczywisty czas potrzebny do wyprodukowania wyrobu. Według tej metody, proces o najwyższym skorygowanym C/T jest wąskim gardłem.

Ostatnim działaniem proponowanej metodyki jest **ustalenie wąskiego gardła** na podstawie wcześniej opisanych metod, a następnie określenie jego **dystansu do kolejnego ograniczenia**. Dystans należy rozumieć jako skalę niedoboru wydajności w stosunku do kolejnego procesu, które prawdopodobnie wystąpi po wyeliminowaniu aktualnego ograniczenia. Dzięki określeniu dystansu możliwe jest rozpoznanie, „jak daleko" od obecnego wąskiego gardła znajdują się następne ograniczenia, co umożliwia planowanie działań mających na celu zwiększenie jego przepływu.

Zaproponowane etapy metodyki identyfikacji ograniczeń są wynikiem przekrojowych studiów i prac koncepcyjnych nad zagadnieniem poprawnego określenia, gdzie znajduje się wąskie gardło. To podstawowy krok niezbędny do poprawnego stosowania TO przez przedsiębiorstwa. Opracowana metodyka pozwala na spójne podejście do analizy systemu produkcyjnego. Umożliwia to lepsze zrozumienie systemu jako całości oraz dokładne poznanie jego wewnętrznych mechanizmów. Warto podkreślić, że każda kolejna metoda identyfikacji ograniczeń opiera się na coraz szerszym spojrzeniu na zachodzące procesy oraz wymaga analizy różnych dodatkowych informacji i czynników. Przeprowadzanie analizy na coraz bardziej zaawansowanym poziomie może przyczynić się do skutecznego wykrywania ograniczeń.

Metodyka identyfikacji ograniczeń systemu produkcyjnego nie wymusza przeprowadzenia wszystkich zaproponowanych kroków. Poszukiwanie wąskiego gardła powinno być kontynuowane aż do momentu, w którym menedżer uzyska (1) pewność, że dany proces jest rzeczywiście wąskim gardłem systemu oraz (2) istotne parametry, które umożliwią określenie dystansu do kolejnego ograniczenia [350]. Identyfikacja wąskiego gardła w systemie produkcyjnym niesie ze sobą pewne ryzyko. Może zdarzyć się, że ustalone wąskie gardło nie będzie rzeczywistym ograniczeniem systemu, a skutki wprowadzenia zmian na podstawie nieprawidłowych założeń będą prowadzić do różnych wyników. Mogą one objawić się na przykład w postaci pogorszenia wydajności, spadku jakości produkcji lub braku zmian w systemie. W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu wdrożenia

[350] W. Urban, P. Rogowska, *Methodology for bottleneck…,* op. cit., s. 74-82.

TO i spełnienia opisanych warunków, zaproponowano zastosowanie listy pytań mającej na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła (tabela 5.1).

Tabela 5.1. Lista pytań mająca na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła

PYTANIA	TAK	NIE
1. Czy dobrze poznano przepływ i proces oraz ich wzajemne relacje?	□	□
2. Czy dany proces jest najsłabszym punktem w systemie produkcyjnym, który ogranicza zwiększenie przepływu?	□	□
3. Czy dokładnie określono, jakie czynniki przyczyniają się do powstawania wąskiego gardła w tym procesie?	□	□
4. Czy znana jest skala niedoboru wydajności wąskiego gardła w stosunku do kolejnego ograniczenia?	□	□
5. Czy wprowadzenie proponowanych działań usprawniających będzie prowadzić do zwiększenia przepływu (zwiększenie wolumenu realizowanej produkcji)?	□	□

Źródło: opracowanie własne.

Udzielenie wszystkich pozytywnych odpowiedzi z listy pytań oznacza, że zlokalizowane jest rzeczywiste wąskie gardło systemu produkcyjnego oraz kolejne ograniczenie. Można więc stwierdzić, że pierwszy krok doskonalenia na podstawie TO – *identyfikacja ograniczenia* – jest już wykonany i menedżer może przejść do kolejnych kroków, które polegają na opracowaniu i wdrożeniu odpowiednich działań usprawniających w celu zwiększenia przerobu. W przypadku gdy, któraś z odpowiedzi na pytania jest negatywna, należy podjąć odpowiednie kroki w celu rozwiązania tego problemu i uzyskania pozytywnych odpowiedzi na wszystkie pytania. Jak już wcześniej wspomniano, opracowana metodyka nie narzuca konieczności zastosowania wszystkich metod identyfikacji wąskiego gardła, zatem jednym z rozwiązań, mających na celu uzyskanie wszystkich pozytywnych odpowiedzi, może być wykorzystanie kolejnej metody.

W metodyce identyfikacji ograniczeń systemu produkcyjnego niektóre z zaproponowanych metod prowadzących do rozpoznania wąskiego gardła, opierają się na przeprowadzeniu obserwacji. Jednakże, należy pamiętać, że obserwacja powinna być dokładna i uwzględniać dogłębne zrozumienie przepływu produkcji. Ważne jest także, aby brać pod uwagę przyczyny zaistniałych sytuacji, a nie tylko ich skutki. Pozostałe metody opierają się na analizie danych historycznych przedsiębiorstwa. Pobieranie takich danych jest niezbędne do prawidłowej analizy procesów produkcyjnych i identyfikacji wąskiego gardła. Jednakże, aby uzyskać wiarygodne wyniki, należy wybrać okres czasu, który jest reprezentatywny dla badanej produkcji, czyli taki, w którym przedsiębiorstwo realizowało dużą liczbę zleceń. W branży przemysłowej okres ten często określa się jako sezonowość produkcji. Dzięki temu uzyskane wyniki analizy będą miarodajne i umożliwią lepsze

zrozumienie procesów, co w efekcie przyczyni się do skuteczniejszego zidentyfikowania wąskiego gardła.

Identyfikacja wąskich gardeł jest to ważny krok dla osiągnięcia optymalnej wydajności procesów i wykorzystania dostępnych zasobów, co prowadzi do lepszych wyników. W związku z tym, opracowanie skutecznej metodyki identyfikacji ograniczeń jest niezwykle ważne dla przedsiębiorstw, ponieważ pozwala na zwiększenie efektywności i wydajności procesów produkcyjnych. Wdrożenie opracowanej metodyki umożliwia lepsze zrozumienie procesów oraz skuteczne wykrywanie problemów, co prowadzi do wprowadzenia usprawnień i zwiększenia efektywności produkcji.

5.2. Studium przypadku przedsiębiorstwa A

Ogólna charakterystyka przedsiębiorstwa

Przedsiębiorstwo A należy do grona wiodących producentów specjalistycznych opakowań z nadrukiem. Specjalizuje się w produkcji na zamówienie i corocznie realizuje około 8 tysięcy zleceń. W ofercie przedsiębiorstwa znajduje się szeroka gama produktów przeznaczonych dla branży spożywczej, medycznej oraz ochrony zdrowia, w tym między innymi etykiety, opakowania sztywne oraz pudełka składane. Przedsiębiorstwo zatrudnia ponad 300 wykwalifikowanych pracowników.

W kolejnym kroku przystąpiono do zastosowania metodyki identyfikacji ograniczeń w badanym systemie produkcyjnym.

1. Identyfikacja procesów tworzących przepływ wyrobów

W przedsiębiorstwie A zidentyfikowano szereg procesów produkcyjnych. Pierwszym z nich jest *naświetlanie form drukowych*, które polega na utwardzaniu na płytach obszarów zafarbienia koloru za pomocą naświetlarki. Czas naświetlenia jednej płyty wynosi około 3 minuty. Drugim procesem jest *drukowanie* techniką druku offsetowego, obsługiwane przez dwóch pracowników na trzech maszynach drukujących. Kolejny proces to *tłoczenie folii* metodą hot-stamping. Proces ten jest wykorzystywany do uszlachetniania produktów z segmentu premium. Przedsiębiorstwo posiada trzy maszyny tłoczące, z których każdą obsługują dwaj pracownicy. Następnym procesem jest *sztancowanie* wyrobu, które odbywa się na sześciu maszynach obsługiwanych przez jednego pracownika na każdym stanowisku. Po sztancowaniu następuje ręczne *wyrywanie* naddatku materiału z arkusza. Proces ten wymaga udziału od 3 do 6 pracowników, liczba ta zależy od nakładu. Ostatnim zidentyfikowanym procesem jest *składanie i klejenie* wyrobów. Przedsiębiorstwo posiada 6 składarko-sklejarek, z których każda jest obsługiwana przez dwóch pracowników. Po zakończeniu produkcji, gotowy produkt jest przenoszony do magazynu wyrobów gotowych. Przedsiębiorstwo A dysponuje

również magazynem surowców, gdzie przechowywane są palety z materiałami wejściowymi do procesu (arkusze drukarskie).

2. Rozpoznanie wąskiego gardła

#1 Wizualna ocena bezczynności procesów

Pierwszą metodą identyfikacji ograniczenia jest wizualna oceny bezczynności procesów. Metoda ta polega na obserwowaniu i analizowaniu czasu, jaki każdy proces spędza w stanie bezczynności (bez wykonywania zadania) w porównaniu z całkowitym czasem trwania procesu. Wąskim gardłem będzie miejsce, gdzie zaobserwowano najkrótszy czas przebywania procesu w stanie nieaktywnym.

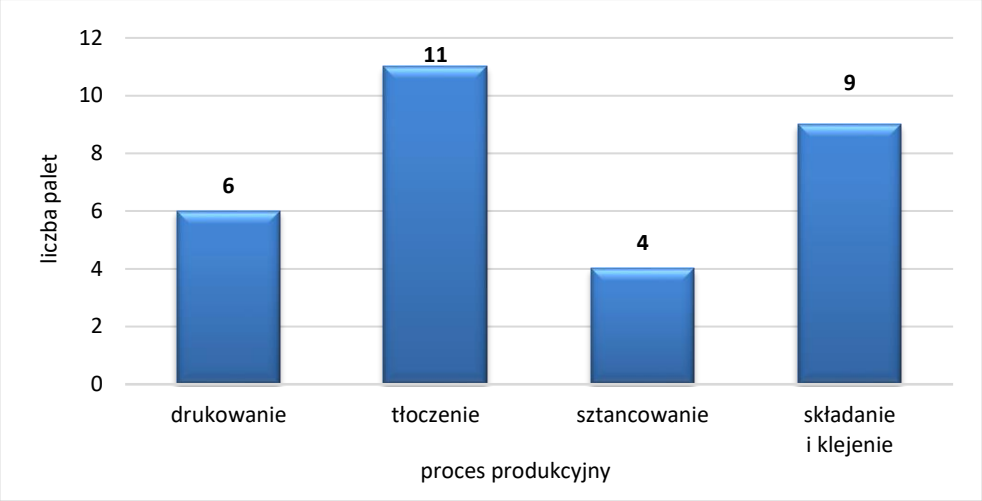
W celu identyfikacji wąskiego gardła przeprowadzono trzy obserwacje procesu produkcyjnego. Zauważono, że każdy proces produkcyjny był aktywny, a czas bezczynności był minimalny w porównaniu do całkowitego czasu trwania procesu. Zastosowanie metody wizualnej oceny bezczynności procesów nie dało podstaw do wnioskowania o wąskim gardle w badanym systemie produkcyjnym.

#2 Wizualna ocena stanu zapasów przed procesem

Kolejna metoda wykrycia wąskiego gardła w systemie produkcyjnym to wizualna ocena stanu zapasów przed każdym procesem, polegająca na oszacowaniu liczby wyrobów (palet). Wysoki poziom zapasów jest oznaką tego, że za tymi zapasami znajduje się wąskie gardło, które znacząco wpływa na poziom zapasów oczekujących.

Rysunek 5.1 przedstawia liczbę palet, które znajdują się przed każdym procesem w badanym systemie produkcji. Dane zebrano w wyniku bezpośredniego liczenia palet w hali produkcyjnej. Z obserwacji wynika, że każda paleta to około 2500 arkuszy. Obliczenia wykonano w jeden dzień.

Dane zawarte na rysunku 5.1 wskazują na wysoki poziom zapasów znajdujący się przed procesem tłoczenia. Według zastosowanej metody proces tłoczenia jest wąskim gardłem badanego systemu produkcyjnego. Warto jednak zaznaczyć, że ustalenia te nie dostarczają żadnych wskazówek dotyczących względnej skali wąskiego gardła, czyli skali niedoboru wydajności w stosunku do kolejnego wąskiego gardła. Dlatego należy przejść do kolejnej zaproponowanej metody.



Rysunek 5.1. Liczba palet przed każdym procesem w przedsiębiorstwie A

Źródło: opracowanie własne na podstawie obserwacji procesu produkcyjnego.

#3 Pomiar czasu aktywności procesów

Metoda czasu aktywności procesów koncentruje się na analizie czasu, jaki każdy proces spędza na wykonywaniu swojego zadania w porównaniu z całkowitym czasem trwania procesu. Dzięki tej metodzie można zidentyfikować obszar, który zajmuje najwięcej czasu i jest najbardziej narażony na opóźnienia.

W zależności od analizowanego procesu produkcyjnego badanego systemu, przedsiębiorstwo dysponuje różną liczbą maszyn. W przypadku procesu drukowania są to 3 maszyny, tłoczenia – 3 maszyny, sztancowania – 6 maszyn, składania i klejenia – 6 maszyn. W zaproponowanym podejściu aktywność procesu uwzględnia nie tylko czas pracy polegający na wytwarzaniu wyrobów, ale także czasy związane z przezbrojeniem maszyn, oczekiwaniem oraz czas przeznaczony na czyszczenie maszyn. W celu uzyskania wyników czasu aktywności procesu produkcyjnego istotne jest dokładne wybranie odpowiedniego przedziału czasowego uwzględnianego w analizie. W przypadku wykorzystywania metod, które opierają się na danych zgromadzonych przez przedsiębiorstwo, kluczowe jest wybranie okresu czasu, w którym przedsiębiorstwo wykonuje najwięcej zleceń produkcyjnych. Taki okres czasu jest reprezentatywny dla obciążenia procesu produkcyjnego i pozwala na zebranie wystarczającej ilości danych, niezbędnych do uzyskania wiarygodnych wyników. W analizie czasu aktywności procesu produkcyjnego wybrany został okres dwóch miesięcy. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Czas aktywności procesów badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa A

Operacje	Proces produkcyjny			
	Drukowanie	**Tłoczenie**	**Sztancowanie**	**Składanie i klejenie**
	[h]			
Praca maszyn	966	1672	2096	2069
Inne aktywności	1 743,25	987,7	835,8	1 369,1
Suma czasu aktywności na proces	2709,25	2659,70	2 931,8	3 438,1
Suma czasu aktywności na maszynę	**903,1**	886,6	488,6	573

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane zawarte w tabeli 5.2 można zauważyć, że najwyższa suma czasów aktywności występuje w procesie składania i klejenia (3 438,1 h). Jednakże, konieczne jest uwzględnienie liczby maszyn wykorzystywanych w procesie. Dlatego uzyskaną sumę czasów aktywności każdego procesu podzielono przez liczbę maszyn. Tym samym najdłuższy czas aktywności uzyskano w procesie drukowania (903,1 h). Według metody czasu aktywności wąskim gardłem badanego systemu produkcyjnego jest proces drukowania.

#4 Pomiar C/T procesów

Metoda pomiaru czasu cyklu (C/T) jest jedną z podstawowych metod stosowanych w analizie procesów produkcyjnych. W ramach tej metody mierzony jest czas, jaki upływa od rozpoczęcia produkcji jednej sztuki wyrobu do rozpoczęcia produkcji kolejnej sztuki. Pomiar C/T obejmuje wszystkie procesy produkcyjne. W przypadku tej metody, wąskim gardłem będzie proces, który osiągnie najwyższą wartość C/T.

Przemysł poligraficzny charakteryzuje się dużą różnorodnością produkcji i niepowtarzalnością serii. Prędkość pracy maszyn jest zwykle wysoka, co utrudnia dokładny pomiar czasu cyklu bezpośrednio przy maszynie. Aby uzyskać miarodajne wyniki C/T, przeprowadzono analizę nakładów, czyli liczby arkuszy wyprodukowanych w każdym procesie oraz czasu produkcji tego nakładu. Analiza danych dotyczyła tego samego okresu – 2 miesięcy. Wyniki przedstawiono w tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Czas cyklu procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwie A

Proces produkcyjny	Nakład [arkusz]	Czas produkcji [h]	Czas cyklu (C/T) [sek./ark.]
Drukowanie	11664130	966	0,3
Tłoczenie	5296312	1672	**1,14**
Sztancowanie	11621190	2096	0,65

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane w tabeli 5.3 można zauważyć, że w okresie 2 miesięcy nakład procesu drukowania wyniósł 11 664 130 arkuszy, a czas produkcji nakładu to 966 h (3 447 600 sek.). Poniżej przedstawiono obliczenia C/T procesu drukowania.

3447600 sek. / 11664130 ark. = 0,3 sek./ark.

C/T procesu drukowania wynosi 0,3 sek./ark. W analogiczny sposób obliczono czas cyklu procesu tłoczenia (C/T=1,14 sek./ark.) i procesu sztancowania (C/T=0,65 sek./ark.).

W trakcie analizy czwartego procesu, jakim jest składanie i klejenie, zauważono problem związany z jednostką wyrażania procesu. Przedsiębiorstwo wyraża proces drukowania, tłoczenia i sztancowania w arkuszach drukarskich, natomiast proces składania i klejenia wyraża w mniejszych częściach, tak zwanych użytkach. Z tego wynika, że na jednym arkuszu drukarskim może być drukowanych kilka użytków jednocześnie, co należy nazwać multiplikacją wyrobów. Ponieważ metoda C/T procesów nie uwzględnia tego problemu, konieczne jest wprowadzenie korekty, która usunie tę przeszkodę. Aby zidentyfikować wąskie gardło za pomocą C/T procesów w badanym procesie produkcyjnym, należy przyjąć taką samą jednostkę we wszystkich procesach, czyli arkusz drukarski. W dalszej części badania przedstawiono obliczenia umożliwiające ustalenie wspólnej jednostki.

W pierwszym etapie badania wyznaczono C/T procesu składania i klejenia wyrażony na użytek. Przeanalizowano dane przedsiębiorstwa, a dokładnie nakład oraz czas produkcji przy uwzględnieniu tego samego horyzontu czasowego (2 miesiące). Wyniki analizy zaprezentowano w tabeli 5.4.

Tabela 5.4. Czas cyklu procesu składania i klejenia w przedsiębiorstwie A

Proces produkcyjny	Nakład [użytek]	Czas produkcji [h]	Czas cyklu (C/T) [sek./użytek]
Składanie i klejenie	75 078 666	2 069	0,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane zawarte w tabeli 5.4, C/T procesu składania i klejenia wyrażony na użytek wynosi 0,1 sekundy. Jednak przed podjęciem próby rozwiązania problemu multiplikacji wyrobów w procesie składania i klejenia należy przyjąć pewne założenie. Analiza zleceń badanego przedsiębiorstwa wykazała, że 90% nakładu procesu sztancowania przechodzi do kolejnego procesu jakim jest składanie i klejenie, natomiast pozostałe 10% produktów trafia w płaskiej formie bezpośrednio do klienta. Pozyskane informacje będą podstawą do obliczenia średniej liczby użytków, które przypadają na jeden arkusz drukarski, co pozwoli na wyznaczenie C/T procesu składania i klejenia w tej samej jednostce, co w przypadku pozostałych procesów (arkusz drukarski).

90% nakładu procesu sztancowania: *10 459 071 arkuszy*
Nakład procesu składania i klejenia: *75 078 666 użytków*

$$10\ 459\ 071\ arkuszy = 75\ 078\ 666\ użytków$$

$$1\ arkusz = x\ użytków$$

$$x = 7{,}2\ użytków$$

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że średnio na jeden arkusz przypada 7,2 użytków. Zatem C/T procesu składania i klejenia jednego arkusza wynosi:

$$7{,}2\ użytków \times 0{,}1\ sek. = \mathbf{0{,}72\ sek.}$$

Analizując C/T wszystkich procesów produkcyjnych należy stwierdzić, że wartości te różnią się od siebie, co oznacza, że wydajność każdego procesu jest inna. Proces tłoczenia ma najwyższą wartość C/T (1,14 sek.), dlatego według tej metody jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

#5 Pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych

W celu wykrycia wąskiego gardła w badanym systemie produkcyjnym zastosowano kolejną metodę – pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych. Jest to rozszerzenie podstawowej metody C/T, która dodatkowo opiera się na coraz bardziej szczegółowej analizie procesów produkcyjnych i wymaga zrozumienia różnych czynników, które wpływają na działanie systemu produkcyjnego. Jak już wspomniano na etapie opisywania opracowanej metodyki, straty produkcyjne należy rozumieć jako czynniki bezpośrednio wydłużające obróbkę partii, a ich czas należy ustalić wykorzystując dane zbierane przez przedsiębiorstwo. Tak jak w poprzedniej metodzie proces, który ma najdłuższy C/T to wąskie gardło.

Analiza danych przedsiębiorstwa pozwoliła wyznaczyć siedem rodzajów strat produkcyjnych, do których należą: wyroby niespełniające norm jakościowych, czas przezbrojenia, czyszczenie maszyny, awaria techniczna maszyny, oczekiwanie na dział graficzny, oczekiwanie na zatwierdzenie i problemy z materiałem

wejściowym. W pierwszej kolejności zbadano jaki udział procentowy nakładu każdego procesu stanowią wyroby niespełniające norm jakościowych. Analizę przeprowadzono dla okresu 2 miesięcy, a jej wyniki przedstawiono w tabeli 5.5.

Tabela 5.5. Wyroby niespełniające norm jakościowych w przedsiębiorstwie A

Proces produkcyjny	**Nakład**	**Wyroby wadliwe**	**Wyroby wadliwe wykryte w następnych procesach produkcyjnych**		**Suma wyrobów wadliwych**	**% nakładu**
Drukowanie	11 664 130 arkuszy	51 322 arkuszy	tłoczenie	2 100 arkuszy	120 527 arkuszy	1,03
			sztancowanie	30 arkuszy		
			składanie i klejenie	67 075 arkuszy		
Tłoczenie	5 296 312 arkuszy	869 arkuszy	—		869 arkuszy	0,02
Sztancowanie	11 621 190 arkuszy	5 583 arkuszy	składanie i klejenie	5 533 arkuszy	11 116 arkuszy	0,1
Składanie i klejenie	75 078 666 użytków	558 316 użytków	—		558 316 użytków	0,75

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Przeprowadzona analiza danych przedsiębiorstwa pozwoliła ustalić, że w okresie 2 miesięcy wytworzono 1,03% wyrobów niezgodnych w procesie drukowania, 0,02% w procesie tłoczenia, 0,1% w procesie sztancowania oraz 0,75% w procesie składania i klejenia. W kolejnym kroku na podstawie otrzymanych wartości niezgodności wyrobu oraz C/T każdego procesu (wartości uzyskane w kroku #4), obliczono ile czasu zajęła produkcja wyrobów niezgodnych. Poniżej przedstawiono przykład obliczeń procesu drukowania.

120 527 ark. x 0,3 sek. = 10 h

Uwzględniając, że wyroby niezgodne procesu drukowania wynoszą 1,03% (120 527 arkuszy), a C/T tego procesu wynosi 0,3 sek., czas produkcji wyrobów niezgodnych wytworzonych w procesie drukowania w ciągu 2 miesięcy wyniósł 10 h. Analogiczne obliczenia wykonano dla pozostałych procesów produkcyjnych. Otrzymano następujące wyniki: tłoczenie – 0,3 h, sztancowanie – 2,1 h, składanie i klejenie – 15,6 h.

W następnym etapie zbadano czas pozostałych rodzajów strat produkcyjnych na podstawie danych przedsiębiorstwa. Ostateczne wyniki analizy zostały przedstawione w tabeli 5.6.

Tabela 5.6. Czas strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie A

STRATY PRODUKCYJNE	Proces produkcyjny			
	Drukowanie	Tłoczenie	Sztancowanie	Składanie i klejenie
	[h]			
Wyroby niespełniające norm jakościowych	10	0,3	2,1	15,6
Czas przezbrojenia	1 390	974	794,3	1 198
Czyszczenie maszyny	261	13	41	172
Awaria techniczna maszyny	97	24	43	32
Oczekiwanie na informację zwrotną z działu graficznego	56	—	—	—
Oczekiwanie na zatwierdzenie	36,25	0,7	0,5	0,1
Problemy z materiałem wejściowym	79	0,6	0,5	—
Suma	1 929,25	1 012,6	881,4	1 417,7

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane przedstawione w tabeli 5.6, można zauważyć, że nie wszystkie straty produkcyjne występują w każdym procesie produkcyjnym. W szczególności, oczekiwanie na informację zwrotną z działu graficznego wystąpiło tylko w procesie drukowania, a w procesie składania i klejenia nie odnotowano problemów z materiałem wejściowym. W analizowanym okresie czas strat produkcyjnych był zróżnicowany między procesami – najdłuższy czas wystąpił w procesie drukowania (1 929,25 h), a najkrótszy w procesie sztancowania (881,4 h).

Na podstawie danych dotyczących czasu strat produkcyjnych poszczególnych procesów, nakładu oraz ich czasu produkcji obliczono czas cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych. Poniżej przedstawiono przykład obliczeń procesu drukowania.

$$(966\ h + 1\ 929{,}5\ h) / 11\ 664\ 130\ ark. = 0{,}89\ sek./ark.$$

Przyjmując, że czas produkcji procesu drukowania wynosi 966 h, czas strat produkcyjnych – 1 929,25 h i wielkość dwumiesięcznego nakładu – 11 664 130 arkuszy, czas cyklu procesu drukowania z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych wynosi 0,89 sek./ark. Analogiczne obliczenia wykonano dla pozostałych procesów produkcyjnych. Dane wykorzystywane do obliczeń oraz ostateczne wartości C/T ze stratami produkcyjnymi zaprezentowano w tabeli 5.7.

Tabela 5.7. Czasy cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie A

Proces produkcyjny	Czas produkcji [h]	Czas strat [h]	Nakład [ark.]	C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych [sek./ark.]
Drukowanie	966	1 929,25	11 664 130	0,89
Tłoczenie	1 672	1 012,6	5 296 312	**1,82**
Sztancowanie	2 096	881,4	11 621 190	0,92
Składanie i klejenie	2 069	1 417,7	10 427 592	1,20

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Z tabeli 5.7 wynika, że C/T procesów uwzględniające czas strat produkcyjnych różnią się od siebie, a ich wartości są większe niż C/T uzyskany w poprzedniej metodzie. Najwyższy C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych występuje w procesie tłoczenia (1,82 sek./ark.). Według tej metody jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

#6 Skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów

Cechą charakterystyczną branży poligraficznej jest duża różnorodność oferowanych produktów, co skutkuje koniecznością angażowania różnych procesów produkcyjnych w zależności od wymagań klienta i specyfiki zlecenia. W przypadku takiej charakterystyki systemu produkcyjnego w celu identyfikacji wąskiego gardła zastosowano metodę skorygowanego C/T na podstawie zaangażowania procesów. Aby obliczyć zaangażowanie każdego procesu, wielkość nakładu jest porównywana z całkowitym nakładem wynikającym ze zleceń produkcyjnych. Wartości C/T procesów, które zostały obliczone w kroku #4 są korygowane poprzez ich zaangażowanie. Poniżej przedstawiono przykład obliczeń procesu tłoczenia.

$$1{,}14 \text{ sek./ark. } x\ 60\% = 0{,}68 \text{ sek./ark.}$$

Przyjmując, że C/T procesu tłoczeniu wynosi 1,14 sek./ark., a jego zaangażowanie w produkcję asortymentu wynosi 60%, obliczony skorygowany C/T procesu tłoczenia wynosi 0,68 sek./ark. Analogiczne obliczenia wykonano dla pozostałych procesów produkcyjnych. Otrzymane wyniki skorygowanego C/T na podstawie zaangażowania procesów prezentuje tabela 5.8.

Tabela 5.8. Zaangażowanie procesów i skorygowany C/T w przedsiębiorstwie A

Proces	Zaangażowanie procesu w produkcję asortymentu [%]	C/T [sek./ark.]	Skorygowany C/T [sek./ark.]
Drukowanie	100	0,30	0,30
Tłoczenie	60	1,14	**0,68**
Sztancowanie	100	0,65	0,65
Składanie i klejenie	90	0,72	0,65

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Z tabeli 5.8 wynika, że proces drukowania oraz sztancowania są w pełni zaangażowane w produkcję wszystkich wytwarzanych produktów (100%), podczas gdy pozostałe procesy są zaangażowane z różnym nasileniem (tłoczenie – 60%, składanie i klejenie – 90%). Na podstawie informacji dotyczących indywidualnego zaangażowania każdego procesu możliwe jest obliczenie ich skorygowanej wartości C/T. Na przykład, proces tłoczenia jest zaangażowany w 60% całkowitej produkcji, co oznacza, że skorygowany C/T wynosi 0,68 sek./ark., przy rzeczywistym C/T równym 1,14 sek./ark. Według Autora metody [351] skorygowana wartość C/T symbolicznie odzwierciedla czas potrzebny do wytworzenia produktu, który seryjnie przechodzi przez wszystkie procesy. Najwyższą wartość uzyskał proces tłoczenia, zatem należy uznać, że według zastosowanej metody jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

3. Ustalone wąskie gardło oraz dystans z kolejnym ograniczeniem

Badany system produkcyjny został poddany identyfikacji wąskiego gardła przy użyciu wszystkich metod zawartych w opracowanej metodyce. W tabeli 5.9 przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy.

Przeprowadzona identyfikacja wąskiego gardła z wykorzystaniem różnych metod wykazała, że nie wszystkie z nich wskazały jednoznacznie na ten sam proces produkcyjny. Wizualna ocena bezczynności procesów (#1) jako jedyna metoda nie dała podstaw do wnioskowania o wąskim gardle, gdyż każdy proces podczas trzykrotnie przeprowadzonej obserwacji był aktywny. Z kolei metoda pomiaru czasu aktywności procesów (#3) wskazała, że wąskim gardłem jest proces drukowania. Pozostałe metody, zawarte w opracowanej metodyce identyfikacji ograniczeń wskazały na proces tłoczenia. Warto zauważyć, że w zależności od sposobu analizy procesów, wąskie gardło może ujawnić się w innym miejscu. Jeżeli procesy będą analizowane według kryterium aktywności to wąskie gardło wyłania się w procesie

[351] W. Urban, *TOC implementation in a medium-scale manufacturing…*, op. cit., s. 188.

drukowania, natomiast jeżeli analiza oprze się na coraz szerszym spojrzeniu na procesy, uwzględniając takie czynniki jak straty produkcyjne czy też stopień zaangażowania, wówczas wąskie gardło ujawnia się w innym miejscu. Na podstawie otrzymanych wyników wnioskuje się, że proces tłoczenia jest wąskim gardłem badanego systemu produkcyjnego.

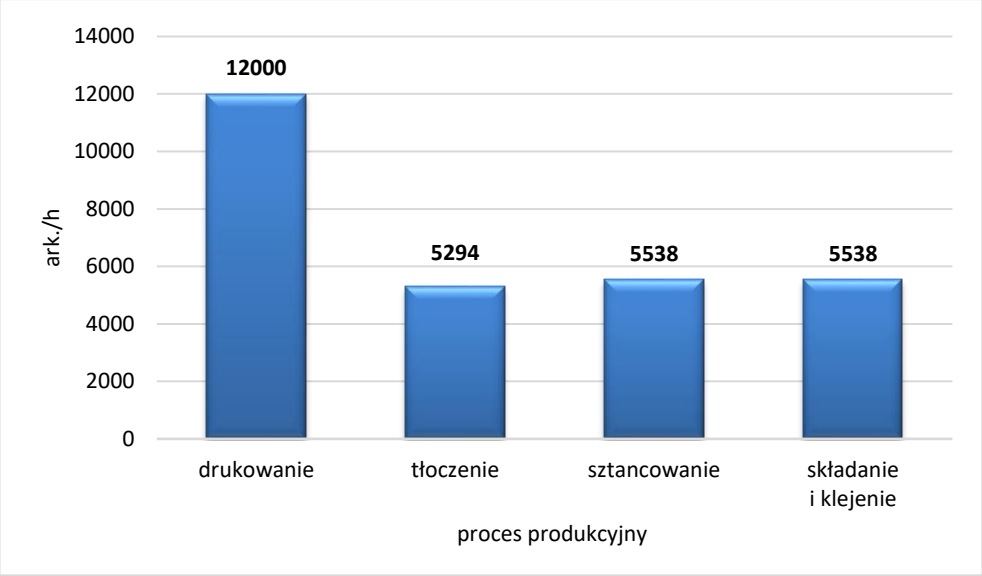
Tabela 5.9. Wyniki przeprowadzonej analizy badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa A

Metoda	Rozpoznane wąskie gardło
#1 Wizualna ocena bezczynności procesów	—
#2 Wizualna ocena stanu zapasów przed procesem	Tłoczenie
#3 Pomiar czasu aktywności procesów	Drukowanie
#4 Pomiar C/T procesów	Tłoczenie
#5 Pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych	Tłoczenie
#6 Skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów	Tłoczenie

Źródło: opracowanie własne.

Następnym etapem jest ustalenie dystansu do kolejnego wąskiego gardła, które prawdopodobnie wystąpi jako następne. Rozumiane jest to jako skala braku wydajności w stosunku do kolejnego procesu. Ze względu na specyfikę branży poligraficznej, a dokładnie ze względu na dużą różnorodność wyrobów oraz różne obciążenie procesów, dystans do kolejnego wąskiego gardła obliczono na podstawie metody skorygowanego C/T na podstawie zaangażowania procesów. Analiza danych zawartych w tabeli 5.8 wykazała, że kolejnym wąskim gardłem będą dwa procesy takie jak sztancowanie oraz składanie i klejenie, ponieważ mają taką samą wartość C/T (0,65 sek./ark.). W celu określenia skali wielkości tego dystansu, na rysunku 5.2 przedstawiono wydajność procesów w ujęciu godzinowym, wykorzystując skorygowane wartości C/T procesów.

Wydajność godzinowa aktualnego wąskiego gardła – tłoczenia – wynosi 5 294 arkuszy, zaś wydajność kolejnych wąskich gardeł – sztancowania oraz składania i klejenia – to 5 538 arkuszy. Dystans do kolejnego ograniczenia, a więc różnica godzinowej wydajności pomiędzy procesami wynosi 244 arkusze. Pozyskanie takich danych (skali dystansu) jest szczególnie ważne z punktu widzenia planowania działań mających na celu zwiększenie przepływu wąskiego gardła. Warto jednak zauważyć, że uzyskanie takiej samej wydajności w procesie tłoczenia jak jest aktualnie w procesie sztancowania oraz składania i klejenia doprowadzi do równomiernego przepływu pomiędzy tymi trzema procesami.



Rysunek 5.2. Wydajność godzinowa procesów produkcyjnych wyznaczona na podstawie skorygowanych wartości C/T (arkusz/godzinę) w przedsiębiorstwie A

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

W celu potwierdzenia czy zidentyfikowano rzeczywiste wąskie gardło odpowiedziano na pytania, które przedstawiono w tabeli 5.10.

Tabela 5.10. Lista pytań mająca na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła – przedsiębiorstwo A

Pytania	TAK	NIE
1. Czy dobrze poznano przepływ i proces oraz ich wzajemne relacje?	✓	□
2. Czy dany proces jest najsłabszym punktem w systemie produkcyjnym, który ogranicza zwiększenie przepływu?	✓	□
3. Czy dokładnie określono, jakie czynniki przyczyniają się do powstawania wąskiego gardła w tym procesie?	✓	□
4. Czy znana jest skala niedoboru wydajności wąskiego gardła w stosunku do kolejnego ograniczenia?	✓	□
5. Czy wprowadzenie proponowanych działań usprawniających będzie prowadzić do zwiększenia przepływu (zwiększenie wolumenu realizowanej produkcji)?	✓	□

Źródło: opracowanie własne.

W pierwszym kroku opracowanej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym branży poligraficznej dokładnie poznano przepływ

i proces oraz ich wzajemne relacje. Analiza godzinowej wydajności procesów wykazała, że proces tłoczenia jest najsłabszym punktem w systemie produkcyjnym, który w konsekwencji ogranicza zwiększenie przepływu, a więc posiada najmniejszą wydajność, wynoszącą 5294 ark./h. Określono również czynniki przyczyniające się do powstawania wąskiego gardła w tym procesie, takie jak wysoka wartość czasu cyklu oraz bardzo duże starty produkcyjne. Dzięki obliczeniu wydajności godzinowej każdego procesu ustalono, że skala niedoboru do kolejnego ograniczenia jakim jest sztancowanie oraz składanie i klejenie wynosi 244 arkusze. Zgodnie z TO, aby poprawić przepływ systemu produkcyjnego, należy skoncentrować się na eksploatacji jego ograniczeń poprzez zwiększenie ich wykorzystania do maksimum możliwości. W przypadku wąskiego gardła, jakim jest proces tłoczenia możliwe działania usprawniające mogą obejmować zmniejszenie strat produkcyjnych na przykład poprzez skrócenie czasu przezbrojenia. W ten sposób możliwe jest zwiększenie wydajności tego procesu oraz całego systemu produkcyjnego, co powinno prowadzić do wzrostu przerobu. Biorąc pod uwagę, że wszystkie odpowiedzi udzielone na pytania są pozytywne (tabela 5.10), można podsumować, że opracowana metodyka wskazała rzeczywiste wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

5.3. Studium przypadku przedsiębiorstwa B

Ogólna charakterystyka przedsiębiorstwa

Przedsiębiorstwo B to producent opakowań jednostkowych przeznaczonych dla różnych branż, między innymi spożywczej, farmaceutycznej, kosmetycznej i chemii gospodarczej. Produkty te są zróżnicowane pod względem typu wyrobu, wymiarów, rodzajów druku, itp. Aby sprostać wymaganiom klientów, jednostka skupia się na produkcji na zamówienie i rocznie realizuje około 3 tysięcy zleceń. Przedsiębiorstwo zatrudnia blisko 200 wykwalifikowanych pracowników.

W kolejnym kroku przystąpiono do zastosowania metodyki identyfikacji ograniczeń w badanym systemie produkcyjnym.

1. Identyfikacja procesów tworzących przepływ wyrobów

W przedsiębiorstwie B pierwszym etapem procesu produkcyjnego jest *naświetlanie form drukowych*. Proces ten odbywa się w specjalistycznych naświetlarkach po uprzednim przygotowaniu plików przez Dział Graficzny. Czas naświetlania jednej formy drukowej wynosi 2-3 minuty. Liczba naświetlanych form zależy od rodzaju produkowanego wyrobu, na przykład liczby użytych kolorów dla jednej partii wyrobów i rodzaju wykorzystanego lakieru. Drugi etap to *drukowanie* wyrobu. Naświetlone formy mocowane są w maszynie drukującej. Standardowy format papieru wykorzystywany do druku to A1 (594x841 mm) i B1 (707x1000 mm). Ostateczny format użytego papieru zależy od rodzaju zamówienia. Proces

drukowania obsługuje dwóch pracowników. Przedsiębiorstwo posiada jedną maszynę drukującą. Następny zidentyfikowany proces to *złocenie*, czyli uszlachetnianie wyrobów. Polega na rozgrzaniu matrycy i zetknięciu jej z folią do hot-stampingu, a następnie przyciśnięciu do zadrukowanej powierzchni. Proces ten nie jest wykorzystywany do wszystkich wyrobów produkowanych przez badane przedsiębiorstwo. Wykorzystanie procesu złocenia zależy od zamówienia/wymagań klienta. Proces złocenia obsługuje jeden pracownik. Przedsiębiorstwo posiada do tego celu jedną maszynę. Bezpośrednio po procesie drukowania (lub złocenia) następuje *sztancowanie*. Polega ono na wykrawaniu z arkusza papieru pożądanego kształtu wyrobu. Proces sztancowania obsługuje jeden pracownik. Przedsiębiorstwo posiada dwie maszyny wykrawające. Następnym zidentyfikowanym procesem jest *wyrywanie*, czyli oczyszczanie arkusza z wewnętrznych ścinków i bocznych krawędzi w celu otrzymania właściwego kształtu wyrobu. Proces wyrywania odbywa się ręcznie i wykonuje go sześciu pracowników. Ostatnim zidentyfikowanym procesem jest *składanie i klejenie* wyrobów. Badane przedsiębiorstwo posiada dwie składarko-sklejarki. Proces ten wykonuje dwóch pracowników na każdej maszynie. Zadaniem jednego pracownika jest ułożenie płaskich wyrobów kartonowych do maszyny natomiast drugi pracownik układa gotowe (złożone i sklejone) wyroby do kartonów. Po zakończeniu produkcji, gotowy produkt jest przenoszony do magazynu wyrobów gotowych. Przedsiębiorstwo B posiada również magazyn surowców, gdzie przechowywane są palety z materiałami wejściowymi do procesu (arkusze drukarskie).

2. Rozpoznanie wąskiego gardła

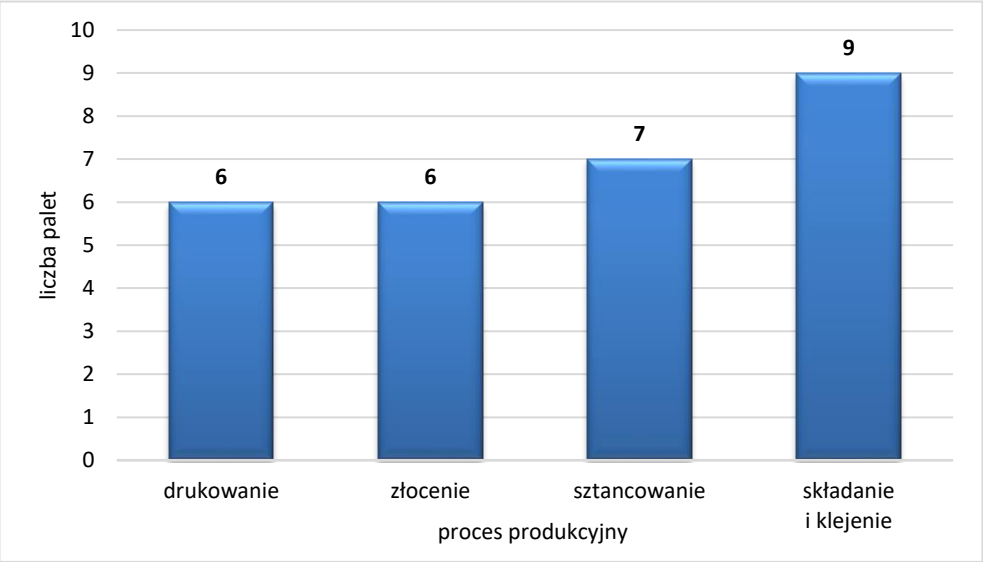
#1 Wizualna ocena bezczynności procesów

W celu identyfikacji wąskiego gardła, przeprowadzono trzy obserwacje procesu produkcyjnego w różne dni oraz zmiany produkcyjne. Podczas obserwacji w badanym przedsiębiorstwie każdy proces był aktywny. Jednak z wywiadu z Dyrektorem Produkcji wynika, że częstym bezczynnym procesem jest proces złocenia wyrobu. Wynika to z faktu, że nie każdy wyrób przechodzi przez ten etap procesu. Po analizie danych przedsiębiorstwa z okresu 2 miesięcy można wywnioskować, że około 20% nakładu procesu drukowania przechodzi przez proces złocenia. Wykorzystanie metody wizualnej oceny bezczynności procesów nie dało podstaw do wnioskowania o wąskim gardle w badanym systemie produkcyjnym.

#2 Wizualna ocena stanu zapasów przed procesem

Kolejną metodą identyfikacji wąskiego gardła w badanym systemie produkcyjnym jest obserwacja zapasów międzyprocesowych. Rysunek 5.3 przedstawia liczbę palet, które znajdują się przed każdym procesem w badanym systemie produkcyjnym. Zaprezentowane dane zebrano w wyniku bezpośredniego zliczenia palet w hali produkcyjnej. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że przeciętnie każda paleta

składa się z około 2 500 arkuszy. Obliczenia zostały wykonane w ciągu jednego dnia.



Rysunek 5.3. Liczba oczekujących palet przed procesem w przedsiębiorstwie B

Źródło: opracowanie własne na podstawie obserwacji procesu produkcyjnego.

Z dostarczonych danych wynika, że przed każdym procesem drukowania oraz złocenia znajduje się po 6 palet oczekujących. Na etapie sztancowania liczba oczekujących palet wynosi 7. Jednak najwyższy poziom zapasów zanotowano przed procesem składania i klejenia, gdzie oczekuje aż 9 palet. Zgodnie z zastosowaną metodą, wąskim gardłem badanego systemu produkcyjnego jest proces składania i klejenia. Warto jednak zauważyć, że ustalenia te nie dostarczają żadnych wskazówek dotyczących względnej skali wąskiego gardła, czyli skali niedoboru wydajności w stosunku do kolejnego procesu.

#3 Pomiar czasu aktywności procesów

Następną proponowaną metodą identyfikacji wąskiego gardła w badanym systemie produkcyjnym jest pomiar czasu aktywności każdego procesu. Analizie poddano okres 2 miesięcy, podczas którego przetworzono dużą liczbę zleceń produkcyjnych. Przedsiębiorstwo posiada zróżnicowaną liczbę maszyn w zależności od procesu produkcyjnego, który jest analizowany. W przypadku procesu drukowania jest to 1 maszyna, złocenia – 1 maszyna, sztancowania – 2 maszyny, składania i klejenia – 2 maszyny. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 5.11.

Tabela 5.11. Czas aktywności procesów badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa B

Operacje	Proces produkcyjny			
	Drukowanie	**Złocenie**	**Sztancowanie**	**Składanie i klejenie**
	[h]			
Praca maszyn/y	328	238	590	1131,2
Inne aktywności	377,6	209,9	177,9	147
Suma czasu aktywności na proces	705,6	447,9	767,9	1278,2
Suma czasu aktywności na maszynę	**705,6**	447,9	383,95	639,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane zawarte w tabeli 5.11 można zauważyć, że najwyższa suma czasów aktywności występuje w procesie drukowania (705,6 h). Pomimo uwzględnienia liczby maszyn jest to nadal najwyższa wartość wśród zidentyfikowanych procesów. W oparciu o metodę pomiaru aktywności, proces drukowania okazuje się być wąskim gardłem badanego systemu produkcyjnego.

#4 Pomiar C/T procesów

Ze względu na dużą prędkością pracy maszyn, bezpośredni pomiar czasu cyklu (C/T) jest niemożliwy. Dlatego, aby uzyskać miarodajne wartości, przeprowadzono analizę nakładów produkcyjnych (liczby arkuszy wyprodukowanych w każdym procesie) oraz czasu produkcji tego nakładu. Badania przeprowadzono na tych samych danych, które obejmowały okres 2 miesięcy. Wyniki zostały przedstawione w tabeli 5.12.

Tabela 5.12. Czas cyklu procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwie B

Proces produkcyjny	Nakład [arkusz]	Czas produkcji [h]	Czas cyklu (C/T) [sek./ark.]
Drukowanie	2 588 557	328	0,46
Złocenie	552 083	238	1,55
Sztancowanie	2 557 570	590	0,83

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Z tabeli 5.12 wynika, że nakład procesu drukowania wyniósł 2 588 557 arkuszy, a czas produkcji nakładu to 328 h (1 180 800 sek.). Poniżej przedstawiono obliczenia C/T procesu drukowania.

1 180 800 sek. / 2 588 557 ark. = 0,46 sek./ark.

C/T procesu drukowania wynosi 0,46 sek./ark. W analogiczny sposób obliczono czas cyklu procesu złocenia (C/T=1,55 sek./ark.) i procesu sztancowania (C/T=0,83 sek./ark.).

W przypadku badanego systemu produkcyjnego występuje taki sami problem jak w poprzednim badanym przypadku, a dokładnie jednostce miary kolejnego procesu – składanie i klejenie wyrażane jest w innej jednostce, tak zwanych użytkach. Aby móc zastosować metodę identyfikacji wąskiego gardła opierającą się na pomiarze C/T procesów należy przyjąć taką samą jednostkę we wszystkich procesach, czyli arkusz drukarski. W dalszej części badania przedstawiono obliczenia umożliwiające ustalenie wspólnej jednostki.

W pierwszej kolejności wyznaczono C/T procesu składania i klejenia wyrażony na użytek. W tym celu przeanalizowano dane dotyczące nakładu i czasu produkcji, biorąc pod uwagę ten sam okres czasu (2 miesiące). Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli 5.13.

Tabela 5.13. Czas cyklu procesu składania i klejenia w przedsiębiorstwie B

Proces produkcyjny	Nakład [użytek]	Czas produkcji [h]	Czas cyklu (C/T) [sek./użytek]
Składanie i klejenie	16 579 573	1131,2	0,25

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane zawarte w tabeli 5.13 można zauważyć, że C/T procesu składania i klejenia wyrażony na użytek wynosi 0,25 sekundy. Przed podjęciem próby ujednolicenia jednostki w jakiej wyrażane są wytwarzane wyroby w procesach założono, że 95% nakładu procesu sztancowania przechodzi do kolejnego procesu, jakim jest składanie i klejenie, a pozostałe 5% produktów trafia do klienta. Pozyskane informacje posłużą do obliczenia średniej liczby użytków, które przypadają na jeden arkusz drukarski.

95% nakładu procesu sztancowania: *2 429 691 arkuszy*
Nakład procesu składania i klejenia: *16 579 573 użytków*

2 429 691 arkuszy = 16 579 573 użytków

1 arkusz = x użytków

x = 6,8 użytków

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że średnio na jeden arkusz przypada 6,8 użytków. Zatem C/T procesu składania i klejenia jednego arkusza wynosi:

6,8 użytków x 0,25 sek. = ***1,7 sek.***

Analizując C/T wszystkich procesów produkcyjnych należy stwierdzić, że wartości te różnią się od siebie, co oznacza, że wydajność każdego procesu jest inna. Proces składania i klejenia ma najwyższą wartość C/T (1,7 sek.), dlatego według tej metody jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

#5 Pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych

Kolejną wykorzystaną metodą do identyfikacji wąskiego gardła jest pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych. Analiza danych przedsiębiorstwa pozwoliła wyznaczyć dziewięć rodzajów strat produkcyjnych, do których należą: wyroby niespełniające norm jakościowych, czas przezbrojenia, naprawa maszyny, czyszczenie maszyny, oczekiwanie na narzędzia/materiał, oczekiwanie na akceptację, magazyn, dział graficzny i dział handlowy.

W pierwszej kolejności zbadano udział procentowy wadliwych wyrobów w nakładzie każdego procesu. Analiza ta została przeprowadzona dla okresu 2 miesięcy, a jej wyniki przedstawiono w tabeli 5.14.

Tabela 5.14. Wyroby niespełniające norm jakościowych w przedsiębiorstwie B

Proces produkcyjny	**Nakład**	**Wyroby wadliwe**	**Wyroby wadliwe wykryte w następnych procesach produkcyjnych**		**Suma wyrobów wadliwych**	**% nakładu**
Drukowanie	2 588 557 arkuszy	124 600 arkuszy	złocenie	1 956 arkuszy	134 604 arkuszy	5,2 %
			sztancowanie	3 048 arkuszy		
			składanie i klejenie	5 000 arkuszy		
Złocenie	552 083 arkuszy	19 213 arkuszy	sztancowanie	662 arkuszy	19 875 arkuszy	3,6 %
Sztancowanie	2 557 570 arkuszy	122 903 arkuszy	składanie i klejenie	7 533 arkuszy	130 436 arkuszy	5,1 %
Składanie i klejenie	16 579 573 użytków	111 191 użytków	—		111 191 użytków	6,7 %

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Analizując dane przedsiębiorstwa z okresu 2 miesięcy wynika, że średnio 5,2% wyrobów miesięcznie jest niezgodnych w procesie drukowania, 3,6% w procesie złocenia, 5,1% w procesie sztancowania oraz 6,7% w procesie składania i klejenia. Znając udział procentowy wyrobów wadliwych, nakład oraz C/T każdego procesu

obliczono, ile czasu zajęła produkcja wyrobów niezgodnych. Poniżej przedstawiono przykład obliczeń dla procesu drukowania.

134 604 ark. x 0,46 sek. = 17,2 h

Wykorzystując wcześniej obliczone dane, a dokładnie wartość wyrobów niezgodnych (5,2% co wynosi 134 604 arkusze) oraz C/T procesu drukowania (0,46 sek./ark.), czas produkcji wyrobów niezgodnych wytworzonych w procesie drukowania w ciągu 2 miesięcy wyniósł 17,2 h. Analogiczne obliczenia wykonano dla pozostałych procesów produkcyjnych. Otrzymano następujące wyniki: złocenie – 8,55 h, sztancowanie – 30,7 h, składanie i klejenie – 52,5 h.

W kolejnym etapie, na podstawie danych przedsiębiorstwa, przeprowadzono badanie czasu pozostałych rodzajów strat produkcyjnych. Ostateczne wyniki analizy zostały przedstawione w tabeli 5.15.

Tabela 5.15. Czas strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie B

STRATY PRODUKCYJNE	**Proces produkcyjny**			
	Drukowanie	**Złocenie**	**Sztancowanie**	**Składanie i klejenie**
	[h]			
Wyroby niespełniające norm jakościowych	17,2	8,55	30,7	52,5
Czas przezbrojenia	312,3	189	171,2	130
Naprawa maszyny	28,5	0	0	0
Czyszczenie maszyny	19	2	4,5	15
Oczekiwanie na narzędzia/materiał	0	2,3	1,4	0,5
Oczekiwanie na akceptację	0	16,6	0,75	1,5
Oczekiwanie na informację zwrotną z magazynu	30	—	—	—
Oczekiwanie na informację zwrotną z działu graficznego	2,3	—	—	—
Oczekiwanie na informację zwrotną z działu handlowego	14	—	—	—
Suma	423,3	218,45	208,55	199,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Tabela 5.15 wskazuje, że nie wszystkie rodzaje strat produkcyjnych są obecne we wszystkich procesach. Oczekiwanie na magazyn, dział graficzny i dział handlowy występują tylko w procesie drukowania. Pozostałe rodzaje strat są

zbierane we wszystkich procesach, jednak w niektórych przypadkach nie wystąpiły podczas badanego okresu. Czas strat produkcyjnych różni się w zależności od procesu. Najdłuższy czas występuje w procesie drukowania (423,3 h), a najkrótszy w procesie składania i klejenia (199,5 h).

Dane dotyczące czasu strat produkcyjnych, nakładu i czasu produkcji poszczególnych procesów zostały wykorzystane do obliczenia czasu cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych. Poniżej przedstawiono przykład obliczeń procesu drukowania.

(328 h +423,3 h) / 2 588 557 ark. = 1,04 sek./ark.

Przyjmując, że czas produkcji procesu drukowania wynosi 328 h, czas strat produkcyjnych – 423,3 h i wielkość dwumiesięcznego nakładu – 2 588 557 arkuszy, czas cyklu procesu drukowania z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych wynosi 1,04 sek./ark. Analogiczne obliczenia wykonano dla pozostałych procesów produkcyjnych. Wyniki tych obliczeń, wraz z danymi wykorzystanymi do ich przeprowadzenia, zostały przedstawione w tabeli 5.16.

Tabela 5.16. Czasy cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie B

Proces produkcyjny	Czas produkcji [h]	Czas strat [h]	Nakład [ark.]	C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych [sek./ark.]
Drukowanie	328	423,3	2 588 557	1,04
Złocenie	238	218,45	552 083	2,98
Sztancowanie	590	208,55	2 557 570	1,12
Składanie i klejenie	1131,2	199,5	2 438 172	**1,96**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Dane przedstawione w tabeli 5.16 wskazują, że największy C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych występuje w procesie złocenia, co sugerowałoby, że jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego. Jednak w tym przypadku konieczne jest dalsze zbadanie tego procesu i przeprowadzenie analizy danych w celu potwierdzenia tej hipotezy. Należy zauważyć, że proces złocenia jest rzadko wykorzystywany, ponieważ tylko 20% nakładu procesu drukowania przechodzi do tego procesu. Zatem złocenie należy traktować jako dodatkowy etap produkcji mający na celu wizualne wzbogacenie opakowania, wykorzystywany do produktów z serii Premium, w zależności od wymagań klienta. Pomimo najdłuższego C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych można uznać, że nie wpływa on jednak na przepływ całego procesu produkcyjnego

przedsiębiorstwa. Kolejnym procesem produkcyjnym o najdłuższym C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych jest składanie i klejenie. Według zastosowanej metody jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

#6 Skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów

Ostatnią metodą zastosowaną w celu identyfikacji wąskiego gardła jest skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów. Metoda ta, jak sama nazwa wskazuje, analizuje zaangażowanie każdego procesu w produkcję całego asortymentu, a więc w przypadku badanego przedsiębiorstwa rozwiązuje problem 20% zaangażowania procesu złocenia (wykazane w kroku #5). Stopień zaangażowania każdego procesu został obliczony na podstawie ich wielkości nakładu i porównany z całkowitym nakładem wynikającym ze zleceń produkcyjnych. W kroku #4 dokonano obliczeń wartości C/T procesów, które teraz będą podlegały korekcie na podstawie ich stopnia zaangażowania. Poniżej przedstawiono przykład obliczeń pr5ocesu drukowania.

93 % x 0,46 sek./ark. = 0,43 sek./ark.

Przyjmując, że C/T procesu drukowania wynosi 0,46 sek./ark., a jego zaangażowanie w produkcję asortymentu wynosi 93%, obliczony skorygowany C/T procesu drukowania wynosi 0,43 sek./ark. Analogiczne obliczenia wykonano dla pozostałych procesów produkcyjnych. Otrzymane wyniki skorygowanego C/T na podstawie zaangażowania procesów prezentuje tabela 5.17.

Tabela 5.17. Zaangażowanie procesów i skorygowany C/T w przedsiębiorstwie B

Proces	Zaangażowanie procesu w produkcję asortymentu [%]	C/T [sek./ark.]	Skorygowany C/T [sek./ark.]
Drukowanie	93	0,46	0,43
Złocenie	21	1,55	0,33
Sztancowanie	99	0,83	0,82
Składanie i klejenie	94	1,70	**1,60**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Z danych przedstawionych w tabeli 5.17 wynika, że badane procesy produkcyjne miały różne obciążenia. Żaden z nich nie był w pełni zaangażowany w produkcję wyrobów. Największy stopień zaangażowania odnotowano w procesie sztancowania (99%), a najmniejszy w procesie złocenia (21%). Na podstawie tych informacji można obliczyć skorygowaną wartość C/T dla każdego procesu, mnożąc zaangażowanie procesu i podstawową wartość C/T, obliczoną w kroku #4. Proces

składania i klejenia uzyskał najwyższą wartość skorygowaną, co wskazuje, że według zastosowanej metody jest to wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

3. Ustalone wąskie gardło oraz dystans z kolejnym ograniczeniem

System produkcyjny badanego przedsiębiorstwa został poddany wszystkim proponowanym krokom metodyki identyfikacji ograniczeń. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 5.18.

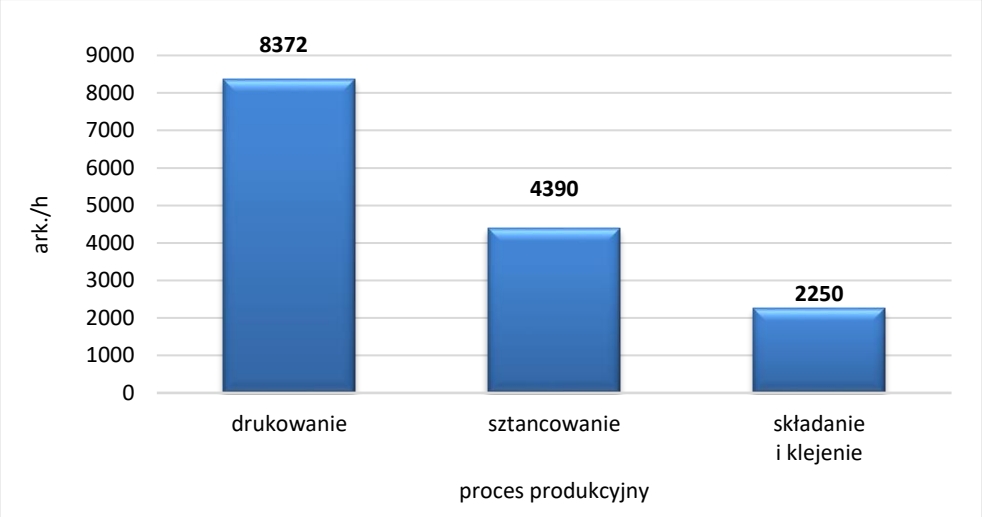
Tabela 5.18. Wyniki przeprowadzonej analizy badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa B

Metoda	Rozpoznane wąskie gardło
#1 Wizualna ocena bezczynności procesów	—
#2 Wizualna ocena stanu zapasów przed procesem	Składanie i klejenie
#3 Pomiar czasu aktywności procesów	Drukowanie
#4 Pomiar C/T procesów	Składanie i klejenie
#5 Pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych	Składanie i klejenie
#6 Skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów	Składanie i klejenie

Źródło: opracowanie własne.

Analizując informacje zawarte w tabeli 5.18 należy zauważyć, że wykorzystane metody wykrywania wąskiego gardła wskazywały na różne procesy jako te, które najbardziej ograniczają wydajność całego systemu produkcyjnego. Metoda wizualnej oceny bezczynności procesów w badanym przypadku również nie wskazała wąskiego gardła. Z kolei metoda pomiaru czasu aktywności procesów wykazała, że proces drukowania jest wąskim gardłem w badanym systemie produkcyjnym. Pozostałe metody zawarte w opracowanej metodyce identyfikacji ograniczeń wskazały na proces składania i klejenia, zatem proces ten jest wąskim gardłem badanego systemu produkcyjnego.

Ostatni etap metodyki identyfikacji ograniczeń to ustalenie dystansu z kolejnym wąskim gardłem. Branża poligraficzna charakteryzuje się dużą różnorodnością produktów oraz zróżnicowanym obciążeniem procesów, dlatego dystans do potencjalnego kolejnego wąskiego gardła został obliczony przy wykorzystaniu metody skorygowanego C/T uwzględniającego stopień zaangażowania procesów. Analiza danych zawartych w tabeli 5.8 wykazała, że kolejnym wąskim gardłem będzie proces sztancowania. W celu określenia wielkości dystansu obliczono wydajność godzinową procesów (z wyłączeniem procesu złocenia) na podstawie skorygowanych wartości C/T procesów (rysunek 5.4).



Rysunek 5.4. Wydajność godzinowa procesów produkcyjnych wyznaczona na podstawie skorygowanych wartości C/T (arkusz/godzinę) w przedsiębiorstwie B

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Wydajność godzinowa wąskiego gardła, czyli procesu składania i klejenia wynosi 2 250 arkuszy, zaś kolejnego wąskiego gardła – sztancowania – 4 390 arkuszy. Różnica między godzinową wydajnością tych procesów wynosi 2 140 arkuszy. Wartość ta wskazuje na skalę braku wydajności do kolejnego wąskiego gardła. W celu potwierdzenia czy zidentyfikowano rzeczywiste wąskie gardło odpowiedziano na pytania, które przedstawiono w tabeli 5.19.

Tabela 5.19. Lista pytań mająca na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła – przedsiębiorstwo B

Pytania	TAK	NIE
1. Czy dobrze poznano przepływ i proces oraz ich wzajemne relacje?	✓	□
2. Czy dany proces jest najsłabszym punktem w systemie produkcyjnym, który ogranicza zwiększenie przepływu?	✓	□
3. Czy dokładnie określono, jakie czynniki przyczyniają się do powstawania wąskiego gardła w tym procesie?	✓	□
4. Czy znana jest skala niedoboru wydajności wąskiego gardła w stosunku do kolejnego ograniczenia?	✓	□
5. Czy wprowadzenie proponowanych działań usprawniających będzie prowadzić do zwiększenia przepływu (zwiększenie wolumenu realizowanej produkcji)?	✓	□

Źródło: opracowanie własne.

W pierwszym kroku metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym branży poligraficznej dokładnie zbadano przepływ i proces, a także relacje między nimi. Analiza wydajności godzinowej procesów wykazała, że proces składania i klejenia jest najsłabszym punktem w systemie produkcyjnym. Proces ten charakteryzuje się niską wydajnością godzinową wynoszącą 2 250 arkuszy oraz występowaniem czynników powodujących niedobór produkcji, takich jak długi czas przezbrojenia i wysoki udział procentowy wadliwych wyrobów. Dzięki obliczeniu wydajności godzinowej każdego procesu ustalono, że skala niedoboru przetwarzania do kolejnego wąskiego gardła, jakim jest sztancowanie, wynosi 2 140 arkuszy.

Działania usprawniające, które można podjąć w przypadku wąskiego gardła, jakim jest proces składania i klejenia, w pierwszej kolejności powinny obejmować zmniejszenie czasu strat produkcyjnych, co przyczyni się do zwiększenia wydajności tego procesu oraz całego systemu produkcyjnego, prowadząc do wzrostu przerobu. Odpowiedzi na wszystkie pytania (tabela 5.19) są pozytywne. Podsumowując, opracowana metodyka wskazała rzeczywiste wąskie gardło badanego systemu produkcyjnego.

5.4. Wnioski z badań jakościowych

W TO identyfikacja wąskiego gardła jest uważana za jeden z podstawowych kroków w procesie doskonalenia systemu produkcyjnego. Polega ona na zidentyfikowaniu procesu lub punktu, który ma najniższą wydajność w porównaniu do innych procesów i stanowi ograniczenie całego systemu. Metoda studium przypadku wykorzystana w badaniach jakościowych pozwoliła na praktyczne zastosowanie opracowanej autorskiej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym w dwóch wybranych przedsiębiorstwach poligraficznych o różnej wielkości. Dzięki temu można było prześledzić rzeczywiste sytuacje, realizowane w podobnych warunkach i potwierdzić skuteczność opracowanej metodyki. W badaniu zastosowano wszystkie etapy wchodzące w skład metodyki w celu sprawdzenia możliwości wykorzystania każdego z zaproponowanych kroków w funkcjonującym przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Przeprowadzone studia przypadków pozwoliły wyciągnąć kilka istotnych wniosków z punktu widzenia praktycznego wykorzystania metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym branży poligraficznej.

Każda z metod, z których składa się opracowana metodyka identyfikacji ograniczeń, jest praktyczna i możliwa do zastosowania w systemie produkcyjnym branży poligraficznej. Metody te można podzielić na dwa rodzaje. Pierwszy rodzaj metod opiera się na bezpośredniej obserwacji pracy systemu produkcyjnego, natomiast drugi rodzaj metod wykorzystuje dane zgromadzone przez przedsiębiorstwo.

Jednym z elementów opracowanej metodyki jest określenie dystansu do kolejnego ograniczenia. Warto zauważyć, że metody rozpoznania wąskiego gardła, oparte na wizualnej ocenie bezczynności procesów oraz stanu zapasów przed procesem, nie dostarczają informacji o względnej wielkości wąskiego gardła, czyli o skali niedoboru wydajności w porównaniu do kolejnego procesu. Pomimo że tego typu metody są często wspominane w literaturze [352, 353], nie pozwalają one na dokładne określenie rozmiaru i znaczenia wąskiego gardła w kontekście do kolejnych procesów. Dlatego, gdy któraś z tych metod identyfikacji zostanie wykorzystana, zaleca się uzupełnienie analiz o dodatkową metodę, która pozwoli określić skalę tego niedoboru. W ten sposób menedżer będzie miał bardziej kompleksowy obraz funkcjonowania systemu produkcyjnego, co pozwoli na lepsze podejmowanie decyzji dotyczących jego optymalizacji i doskonalenia.

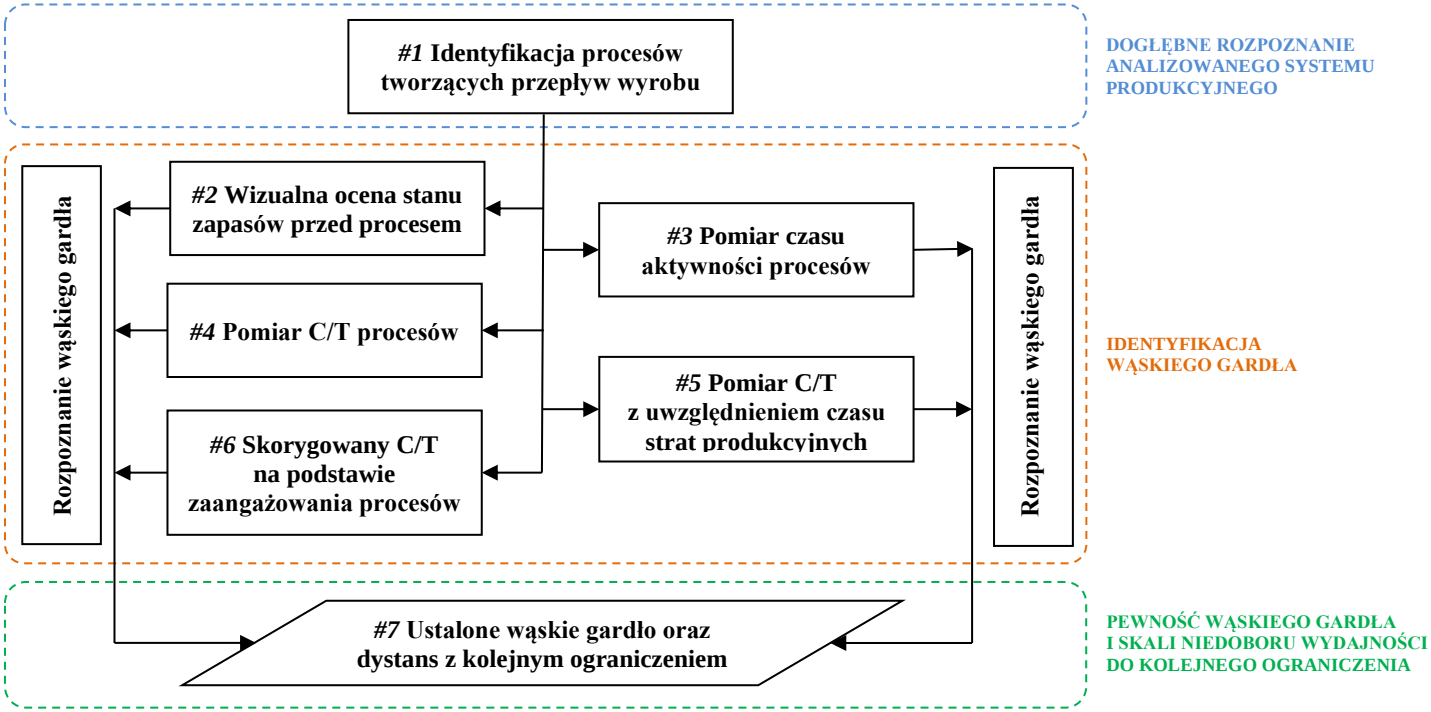
W procesie identyfikacji wąskiego gardła w systemie produkcyjnym warto sięgać do podstawowej metody analizy procesów produkcyjnych, a dokładnie do metody pomiaru C/T, czyli czasu potrzebnego na wykonanie jednej jednostki produktu. Każda kolejna metoda identyfikacji opiera się na coraz szerszym spojrzeniu na procesy, ale i tak ostatecznie odwołuje się do wartości podstawowego C/T. Dlatego warto wziąć ją pod uwagę, ponieważ informacje potrzebne do zastosowania każdej kolejnej metody będą stanowiły tylko uzupełnienie.

W przeprowadzonych badaniach systemów produkcyjnych zastosowano wszystkie kroki proponowane w metodyce identyfikacji ograniczeń. Otrzymane wyniki różnią się w zależności od metody, co może być wynikiem różnych sposobów oceny procesów przez każdą z nich. Dlatego implementowanie kolejnych proponowanych metod może przyczynić się do uzyskania bardziej precyzyjnych wyników i dokładniejszej identyfikacji wąskiego gardła.

Ostateczna forma metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej została opracowana na podstawie przeprowadzonych studiów przypadków i przedstawiona na rysunku 5.5.

[352] C.E. Betterton, S.J. Silver, *Detecting bottlenecks…,* op. cit., s. 3.

[353] Z. Dongping, T. Xitian, G. Junha, *A Bottleneck Detection Algorithm…*, op. cit., s. 2.



Rysunek 5.5. Metodyka identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej

Źródło: opracowanie własne.

Metodykę identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej można podzielić na trzy etapy, w których należy podjąć działania (1) dogłębnego rozpoznania analizowanego systemu produkcyjnego, (2) identyfikacji wąskiego gardła oraz (3) określenia pewności wąskiego gardła i skali niedoboru wydajności do ograniczenia następnego poziomu. Łącznie, metodyka obejmuje siedem kroków, a mianowicie:

- #1 Identyfikacja procesów tworzących przepływ wyrobów,
- #2 Wizualna ocena stanu zapasów przed procesem,
- #3 Pomiar czasu aktywności procesów,
- #4 Pomiar C/T procesów,
- #5 Pomiar C/T z uwzględnieniem czasu strat produkcyjnych,
- #6 Skorygowany C/T na podstawie zaangażowania procesów,
- #7 Ustalone wąskie gardło oraz dystans z kolejnym ograniczeniem.

Szczegółowy opis każdego z kroków jest przedstawiony w podrozdziale 5.1. Na podstawie studiów przypadków przeprowadzonych w ramach badań nad identyfikacją ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej stwierdzono, że jedną z proponowanych metod, jaką była wizualna ocena bezczynności procesów, należy wyeliminować. Metoda ta opiera się na tym samym sposobie oceny zebranych danych co metoda pomiaru czasu aktywności procesów. Oba podejścia wykorzystują identyczny sposób oceny zebranych informacji, co skłoniło do odrzucenia jednej z nich na rzecz metody jaką jest pomiar czasu aktywności procesów.

W obu badanych przypadkach wszystkie wykorzystane metody nie wykazywały zawsze tego samego procesu jako wąskie gardło. To oznacza, że zastosowanie pojedynczej metody może prowadzić do nieprawidłowego wyznaczenia wąskiego gardła. Można więc stwierdzić, że identyfikacja wąskiego gardła jest pewnego rodzaju wyzwaniem praktycznym. Proponowana metodyka identyfikacji ograniczeń w branży poligraficznej rozwiązuje problem wykrywania wąskich gardeł w systemie.

Studia przypadków przeprowadzone w ramach niniejszej pracy miały na celu zbadanie możliwości zastosowania metodyki identyfikacji wąskiego gardła w praktycznie funkcjonujących przedsiębiorstwach poligraficznych, a także zebranie wielu dodatkowych informacji pozwalających na uzupełnienie i uszczegółowienie zaproponowanego podejścia.

W wyniku przeprowadzonych analiz zidentyfikowano wąskie gardło w każdym zbadanym systemie produkcyjnym. Jednakże, aby dokładnie zweryfikować wyniki uzyskane z wykorzystaniem jednej metody, konieczne było zastosowanie dodatkowych metod wykorzystujących inne sposoby oceny procesów i ich zestawienie. Dzięki takiemu podejściu udało się potwierdzić skuteczność zastosowanych metod i dokładnie zidentyfikować miejsca wymagające poprawy aby

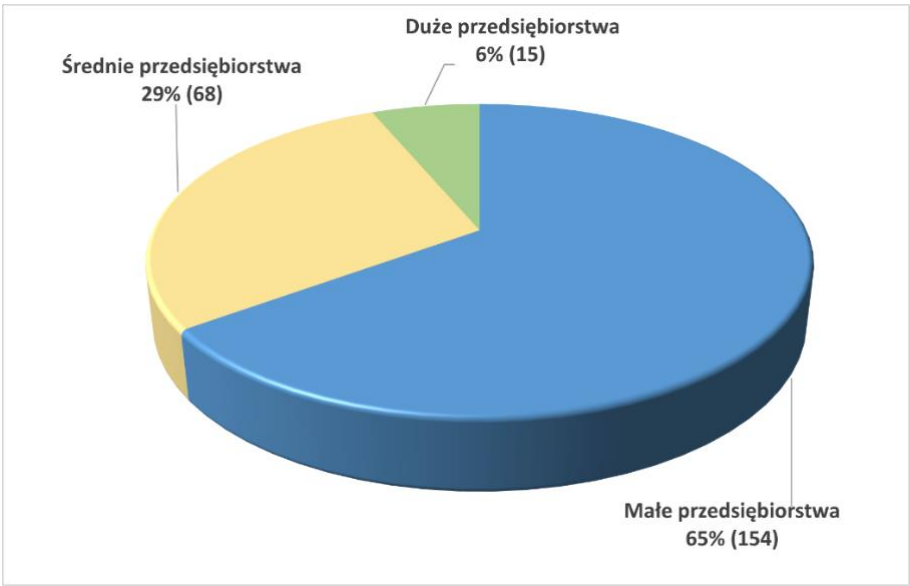
zwiększyć przepływ w systemie produkcyjnym przedsiębiorstwa. W ten sposób studium przypadku stanowi potwierdzenie hipotezy, że **identyfikacja wąskiego gardła systemu produkcyjnego w branży poligraficznej wymaga wielokrotnego potwierdzenia z wykorzystaniem metod opartych na różnych parametrach systemu produkcyjnego.**

Wyniki przeprowadzonych studiów przypadków w branży poligraficznej jednoznacznie potwierdzają, że metodyka identyfikacji ograniczeń jest skutecznym narzędziem, które może być z powodzeniem stosowane w praktycznie funkcjonujących systemach produkcyjnych. W obu przypadkach metodyka pozwoliła na trafną identyfikację wąskiego gardła w procesie produkcyjnym, co w dalszym kroku umożliwi podjęcie działań na rzecz poprawy wydajności systemu. Zastosowanie opracowanej metodyki może przyczynić się do poprawy konkurencyjności przedsiębiorstw poprzez zwiększenie wydajności ich procesów produkcyjnych. Przeprowadzone studia przypadków pozwoliły na praktyczne zastosowanie metodyki identyfikacji wąskiego gardła w realnych warunkach i potwierdziły jej skuteczność w branży poligraficznej.

6. Ograniczenia w branży poligraficznej – wyniki badań ilościowych

6.1. Charakterystyka badanej próby

Badania zostały przeprowadzone wśród przedsiębiorstw zarejestrowanych w sekcji C Polskiej Klasyfikacji Działalności – *Przetwórstwo przemysłowe*, w dziale 18 – *Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji*, w klasie 18.12 – *Pozostałe drukowanie*, 18.13 – *Działalność usługowa związana z przygotowywaniem do druku*, 18.14 – *Introligatorstwo i podobne usługi*. Kwestionariusz ankiety został wypełniony przez 237 przedsiębiorstw o różnej wielkości. Do ich scharakteryzowania wykorzystano wyniki z trzeciej części ankiety opisanej w rozdziale 4.3 i stanowiącej załącznik do niniejszej pracy. Strukturę badanych przedsiębiorstw przedstawiono na rysunku 6.1.



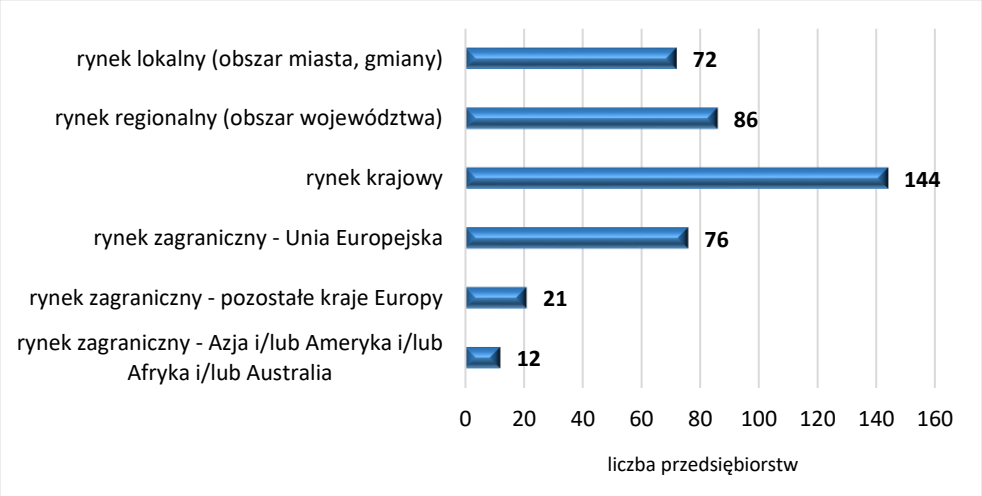
Rysunek 6.1. Struktura zbadanych przedsiębiorstw ze względu na ich wielkość

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Zdecydowana większość respondentów biorących udział w badaniu pochodziła z sektora małych przedsiębiorstw, zatrudniających od 10 do 50 pracowników (154 podmioty). Najmniej liczną grupę stanowiły duże przedsiębiorstwa, zatrudniające ponad 250 pracowników (15 podmiotów), jednakże ze względu na obecność na

rynku branży poligraficznej w 2020 roku zaledwie 18[354] przedstawicieli tej grupy należy uznać, iż jest to najlepiej rozpoznana grupa zbadanych podmiotów. Ostatnia z analizowanych grup liczyła 68 respondentów, byli to przedstawiciele średnich przedsiębiorstw, zatrudniających od 50 do 249 pracowników. Przedstawiona struktura zbadanych przedsiębiorstw odzwierciedla udział wielkości podmiotów w branży poligraficznej, gdzie zdecydowanie dominuje sektor małych przedsiębiorstw. Zależność ta została potwierdzona również w raporcie „Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce"[355] opracowanym przez Polskie Bractwo Kawalerów Gutenberga. W zrealizowanym badaniu ankietowym nie uwzględniono sektora mikroprzedsiębiorstw, zatrudniających poniżej 10 pracowników, ze względu na fakt niskiego zaawansowania technologicznego tychże podmiotów. Ponadto należy zauważyć, że znaczną część przedstawicieli tej grupy stanowią punkty ksero, gdzie różnorodność i stopień zaawansowania realizowanych procesów są znacznie ograniczone.

W badaniu zwrócono uwagę na obszar prowadzonej przez przedsiębiorstwa działalności. Uwzględniono zarówno zasięg krajowy, jak i zagraniczny. Zróżnicowanie badanej próby pod względem zasięgu terytorialnego prowadzonej działalności przedstawiono na rysunku 6.2.



Rysunek 6.2. Zasięg terytorialny działalności zbadanych przedsiębiorstw

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

[354] Główny Urząd Statystyczny, strona internetowa, https://stat.gov.pl/ [dostęp: 10.01.2023].

[355] Raport Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny…*, op. cit., s. 25.

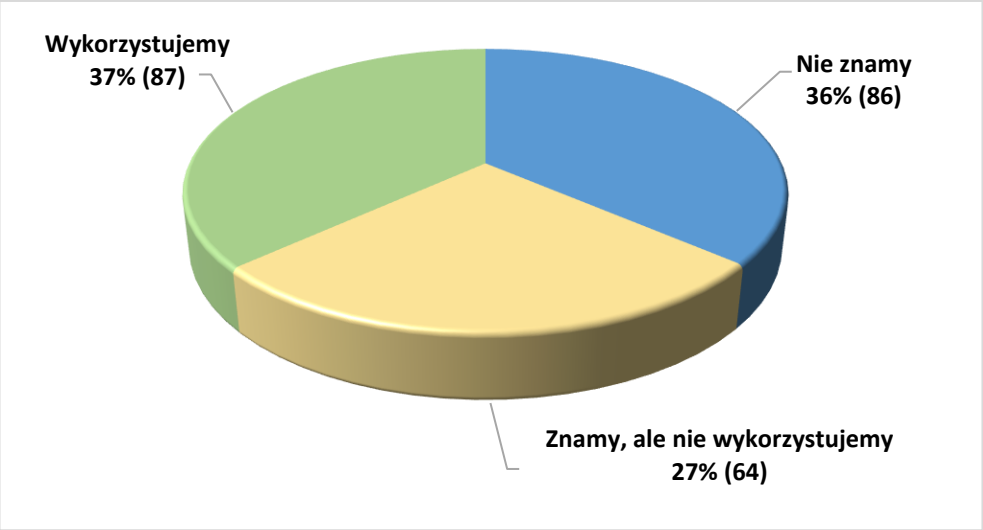
Dominującym rynkiem dla 144 przedsiębiorstw poligraficznych był *rynek krajowy*. Spośród zbadanych przedsiębiorstw 72 respondentów prowadziło działalność na terenie *gminy* lub *miasta*, a 86 w obszarze swojego *województwa*. Biorąc pod uwagę współpracę zagraniczną należy stwierdzić, że 76 przedsiębiorstw wykazało swoją aktywność na *rynkach państw Unii Europejskiej*, a 21 współpracowało z *krajami europejskimi*, które nie są państwami członkowskimi. Dodatkowo na uwagę zasługuje fakt, że 12 podmiotów wykazało współpracę na *rynku azjatyckim i/lub amerykańskim i/lub afrykańskim i/lub australijskim*.

6.2. Ocena aktualnego stanu przedsiębiorstw poligraficznych

Część I kwestionariusza ankiety miała na celu dokładne rozpoznanie obecnego stanu oraz potencjalnych możliwości wykorzystania Teorii Ograniczeń (TO) w branży poligraficznej. Poniżej zaprezentowano uzyskane odpowiedzi respondentów.

Znajomość i wykorzystanie TO

W części I ankiety respondenci zostali zapytani o znajomość, a także o praktyczne wykorzystanie TO w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Poproszono respondentów o wybór jednej odpowiedzi spośród trzech zaproponowanych wariantów. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 6.3.



Rysunek 6.3. Znajomość i wykorzystanie Teorii Ograniczeń

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Według wyników badania 37% przedsiębiorstw poligraficznych *wykorzystuje* TO w zarządzaniu swoją działalnością. Należy uznać to za wysoki wynik, ponieważ

TO nie jest podejściem szeroko nauczanym na uczelniach kształcących menedżerów. Uzyskany wynik może świadczyć o atrakcyjności tej koncepcji. Niewiele mniej, bo 36% badanych wskazało, że w ogóle *nie zna* koncepcji TO. Natomiast około 27% respondentów odpowiedziało, że *zna, ale nie wykorzystuje* TO w swoich przedsiębiorstwach. Może to świadczyć o obawie przed zastosowaniem tej koncepcji przez menedżerów, ponieważ w odmienny sposób niż inne znane koncepcje wymaga zmiany w sposobie myślenia o przedsiębiorstwie oraz patrzenia na nie jako na jeden spójny organizm. Wykorzystywane w koncepcji podejście systemowe wskazuje na potrzebę sprawdzania jak pewien obszar systemu będzie wpływał na cały system.

W celu przeprowadzenia głębszej analizy uzyskanych wyników określono udział wskazań w poszczególnych grupach zbadanych przedsiębiorstw. W badaniu kwestionariuszowym uczestniczyło 154 małych, 68 średnich i 15 dużych przedsiębiorstw. Otrzymane wyniki pogrupowano według wielkości przedsiębiorstw, a następnie obliczono liczbę podmiotów w każdej grupie, która wskazała poszczególne odpowiedzi. Dzięki temu określono znajomość oraz wykorzystanie TO wśród przedsiębiorstw o różnej wielkości. Rozkład procentowy uzyskanych wyników przedstawiono w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Wielkość przedsiębiorstwa a znajomość i wykorzystanie Teorii Ograniczeń

ZNAJOMOŚĆ I WYKORZYSTANIE TEORII OGRANICZEŃ	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Wykorzystujemy	30%	49%	53%
Znamy ale nie wykorzystujemy	30%	24%	13%
Nie znamy	40%	28%	33%

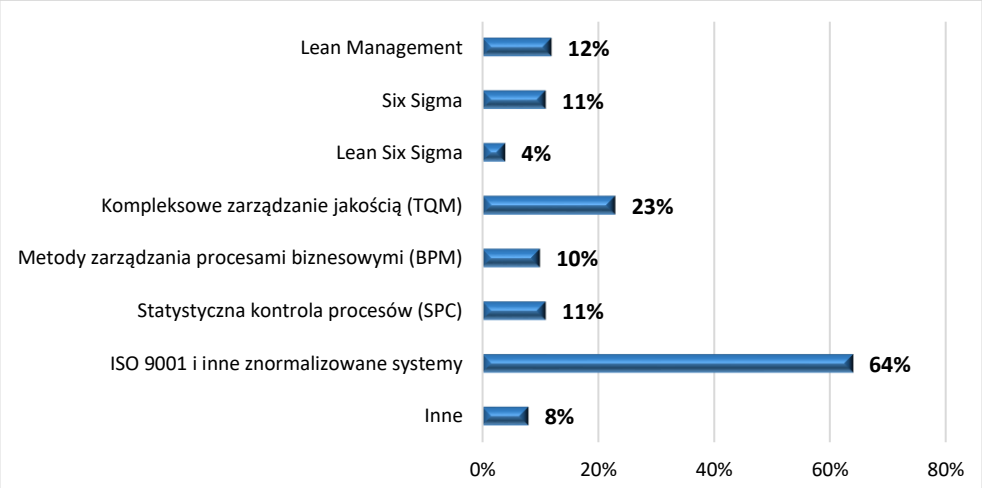
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Spośród 15 dużych przedsiębiorstw uczestniczących w badaniu ponad połowa (53%) wykorzystuje TO w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Natomiast 33% respondentów nie zna koncepcji. W grupie małych przedsiębiorstw (154 podmioty) 40% z nich zadeklarowało, że nie zna koncepcji, natomiast imponujący jest fakt, że około 30% odpowiedziało, że wykorzystuje TO. W grupie podmiotów średniej wielkości (68 przedsiębiorstw) prawie połowa (49%) wykorzystuje TO, a około 28% zadeklarowało, że nie zna tej koncepcji.

Inne koncepcje doskonalenia procesów

Z uwagi na to, iż TO nie jest na tyle popularnym podejściem do zarządzania, aby była wykorzystywana jako przynajmniej jedna z technik doskonalenia procesów

u każdego z badanych podmiotów, zatem ważną kwestią wydają się być inne koncepcje. Podczas realizacji procesu badawczego poproszono respondentów o wskazanie innych koncepcji doskonalenia procesów, które obecnie są przez nich wykorzystywane. Zaproponowano możliwość wielokrotnego wyboru spośród kilku wariantów odpowiedzi. Uwzględniono też możliwość uzupełnienia listy o inne rozwiązania stosowane przez ankietowanych. Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunku 6.4.



Rysunek 6.4. Koncepcje doskonalenia procesów wykorzystywane w przedsiębiorstwach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Z uwagi na fakt, że przedsiębiorstwa produkcyjne dbają o jakość oferowanych produktów oraz jednocześnie chcą zapewnić prawidłowe warunki funkcjonowania całego podmiotu, aż 64% respondentów wskazało, że prowadzi działalność zgodnie ze standardem zarządzania systemem jakości – *ISO 9001 i inne znormalizowane systemy*. Jednocześnie jest to najczęściej stosowana koncepcja doskonalenia procesów wśród badanych przedsiębiorstw. Natomiast około 23% respondentów zadeklarowało stosowanie systemu *kompleksowego zarządzania jakością (TQM)*. Zaskakujące jest, że tylko 12% przedsiębiorstw wykorzystuje najbardziej rozpowszechnioną koncepcję *Lean Management*. Wydawałoby się, że w obecnych czasach koncepcja ta powinna być stosowana w zdecydowanie większej liczbie przedsiębiorstw, jednak wyniki pokazały, że jest to błędne założenie. Po 11% ankietowanych wskazało na stosowanie koncepcji *Six Sigma* oraz na *statystyczną kontrolę procesów (SPC)*. Jak wynika z przeprowadzonych studiów przypadków opisanych w rozdziale 5., otrzymany wynik może być spowodowany utrzymywaniem dość wysokiego wskaźnika wysokiej jakości produktu w przedsiębiorstwach z branży poligraficznej. W badanych podmiotach wskaźnik wyrobów niespełniających standardów jakości znajduje się bowiem w przedziale

1–6% w okresie jednego miesiąca. Podmioty poddane badaniu ankietowemu w najmniejszym stopniu wskazywały na stosowanie systemu polegającego na połączeniu dwóch technik rozwiązywania problemów, a więc koncepcji *Lean Six Sigma*. Rozwiązanie to wskazało zaledwie 4% przypadków. W przeprowadzonym badaniu 19 respondentów (8%) zdecydowało się podać dodatkową odpowiedź.

Dokonując głębszej analizy uzyskanych wyników badań można określić stopień wykorzystania koncepcji doskonalenia procesów przez różne grupy przedsiębiorstw (tabela 6.2). Bez względu na wielkość podmiotu, można wyróżnić dwa najczęściej wykorzystywane (z różnym nasileniem) podejścia jakimi są *ISO 9001 i inne znormalizowane systemy* oraz *kompleksowe zarządzanie jakością (TQM)*. Co trzecie duże przedsiębiorstwo bada stabilność procesu weryfikując jego odchylenia od założonych standardów wykorzystując *statystyczną kontrolę procesów (SPC)*. Tylko 20% podmiotów wykorzystuje *metody zarządzania procesami biznesowymi (BPM)*. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że grupa ta w bardzo małym stopniu (po 13%) wykorzystuje takie koncepcje jak *Lean Management*, *Six Sigma*, czy *Lean Six Sigma*.

Tabela 6.2. Wykorzystanie innych koncepcji doskonalenia procesów w zależności od wielkości przedsiębiorstwa

INNE KONCEPCJE DOSKONALENIA PROCESÓW	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Lean Management	9%	18%	13%
Six Sigma	7%	19%	13%
Lean Six Sigma	3%	3%	13%
Kompleksowe zarządzanie jakością (TQM)	15%	35%	53%
Metody zarządzania procesami biznesowymi (BPM)	9%	9%	20%
Statystyczna kontrola procesów (SPC)	8%	12%	33%
ISO 9001 i inne znormalizowane systemy	57%	78%	80%
Inne	12%	-	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

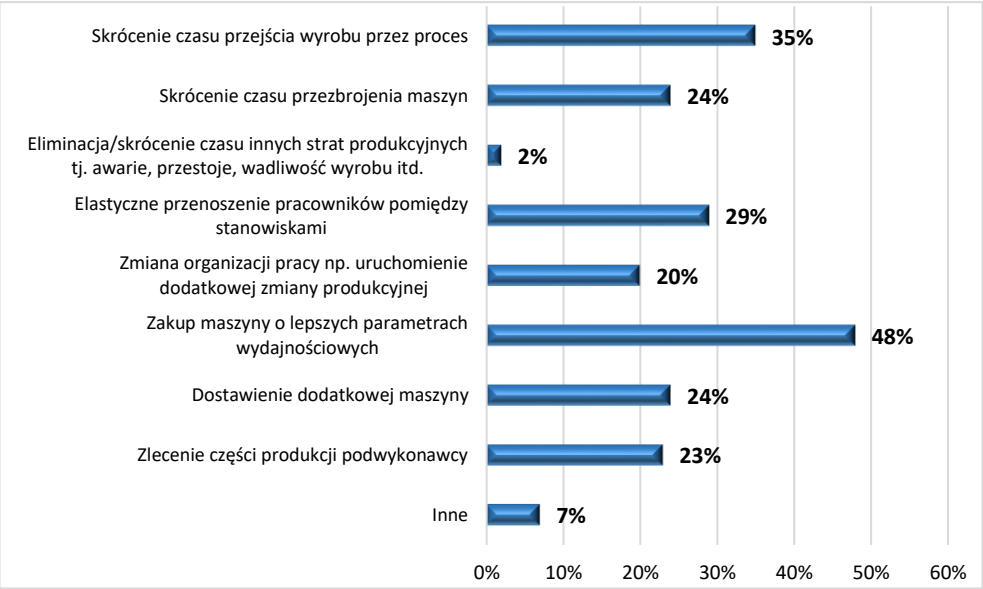
Małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP) w zakresie stosowania wymienionych koncepcji są bardzo do siebie podobne. Małą różnicę w wynikach zauważono w wykorzystywaniu podejścia *Lean Management* (małe – 9%, średnie – 18%) i *Six Sigma* (małe – 7%, średnie – 19%). Otrzymane wartości wskazują na bardzo małe wykorzystanie tych koncepcji w przedsiębiorstwach. Może to świadczyć

o występujących barierach, takich jak na przykład ograniczona wiedza, umiejętności i doświadczenie w tych dziedzinach, czy też obawa przed wprowadzaniem zmian i właściwego ich zrozumienia przez pracowników danego podmiotu.

Jak wcześniej wskazano, w odpowiedzi na to pytanie pojawiło się dodatkowych 19 wpisów (8% wszystkich wskazań). Po szczegółowych analizach okazało się, że wszystkie pochodziły od respondentów z grupy małych przedsiębiorstw, co w stosunku do liczebności tej grupy daje 12% odpowiedzi. 14 podmiotów wskazało, że stosuje swoje własne, *wewnątrzzakładowe koncepcje* doskonalenia procesów. Dodatkowo 5 przedsiębiorstw odpowiedziało, że być może stosują koncepcje, które zostały wymienione w pytaniu jako możliwe warianty odpowiedzi, jednak robi to w sposób *nieświadomy*.

Działania usprawniające przepływ procesów

W kolejnym kroku badania ankietowego respondenci zostali zapytani o działania usprawniające przepływ procesów, które były podejmowanie w przedsiębiorstwie w ciągu ostatnich 3 lat. Wymienione w pytaniu działania są zostały celowo dobrane, ponieważ mają kluczowe znaczenie dla eliminacji wąskich gardeł. W ramach pytania wyszczególniono osiem odpowiedzi z możliwością wielokrotnego wyboru, jak również umożliwiono wyrażenie własnego zdania. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 6.5.



Rysunek 6.5. Działania usprawniające przepływ procesów podejmowane przez przedsiębiorstwa w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Z analizy uzyskanych wskazań wynika, że blisko połowa badanych podmiotów (48%) jako działanie usprawniające przepływ procesów wybrała *zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych*. Jest to najbardziej popularne rozwiązanie, dzięki któremu można w szybki sposób osiągnąć lepsze wyniki przepływu produkcyjnego. Jednocześnie jest to działanie bardzo kosztowne z punktu widzenia prowadzonej działalności. W obecnych czasach duży wpływ na wyższą cenę zakupu maszyny może mieć aktualny poziom inflacji i pandemia COVID-19. Kolejnym istotnym działaniem usprawniającym, wykorzystywanym przez 35% zbadanych przedsiębiorstw, jest podejmowanie próby *skrócenia czasu przejścia wyrobu przez proces*. Podjęcie takiej inicjatywy z pewnością przyczynia się do szybszej reakcji na potrzeby rynku oraz skraca czas realizacji zleceń klienta, co korzystnie wpływa na wzrost jego zadowolenia.

Następne działanie usprawniające, wskazane przez 29% respondentów, to *elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami*. Porównywalną liczbę wskazań, kształtującą udział procentowy na poziomie 20–24%, uzyskały cztery odpowiedzi jakimi są *skrócenie czasu przezbrojenia maszyn*, *dostawienie dodatkowej maszyny*, *zlecenie części produkcji podwykonawcy* oraz *zmiana organizacji pracy, na przykład uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej*. Jak wynika z przeprowadzonych studiów przypadków, wiele procesów produkcyjnych, a w szczególności proces drukowania, sztancowania, tłoczenia czy składania i klejenia wymaga przezbrojenia maszyn. Dostawienie dodatkowej maszyny oraz zmiana organizacji pracy pozwalają z pewnością w szybki sposób usprawnić przepływ produkcji. Natomiast podjęcie działania polegającego na zleceniu części produkcji podwykonawcy może wiązać się z wieloma powodami, na przykład mniejszą zdolnością produkcyjną, nieopłacalnością wykonania zlecenia związaną z koniecznością wykonania przezbrojenia maszyn lub też z nieopłacalnością zakupu nowej maszyny, wynikającą z niewielkiej liczby zleceń wymagających wykorzystania danego procesu. Dość zaskakującą liczbę wskazań (2%) uzyskała odpowiedź *eliminacja/skrócenie czasu innych strat produkcyjnych, takich jak awarie, przestoje, wadliwość wyrobu itd*. Wynika z tego, że przedsiębiorstwa nie podejmują próby eliminacji, bądź skrócenia zbędnych czynności, które mogą być spowodowane między innymi stanem technicznym parku maszynowego, w konsekwencji czego marnują energię, czas i pieniądze. W prowadzonym badaniu tylko 7% respondentów zdecydowało się na wskazanie własnej odpowiedzi. Wśród zaproponowanych przez przedsiębiorstwa działań usprawniających znalazły się *szkolenia pracowników*, *doposażenie maszyn w dodatkowe systemy wspomagające* i *optymalizacje związane z jakością produktów*.

W celu przeprowadzenia bardziej szczegółowej analizy uzyskanych wyników, określono udział poszczególnych grup przedsiębiorstw, które udzieliły odpowiedzi. Pozwoliło to zauważyć różnice pomiędzy podmiotami w zależności od ich wielkości, wskazujące na preferowane działania usprawniające, które były

podejmowane w ostatnich 3 latach. Rozkład procentowy uzyskanych wyników przedstawiono w tabeli 6.3.

Tabela 6.3. Wielkość przedsiębiorstwa a podejmowane działania usprawniające procesy w ostatnich trzech latach

DZIAŁANIA USPRAWNIAJĄCE PRZEPŁYW PROCESÓW PODEJMOWANE W OSTATNICH 3 LATACH	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces	27%	47%	73%
Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn	21%	28%	40%
Eliminacja/skrócenie czasu innych strat produkcyjnych, takich jak awarie, przestoje, wadliwość wyrobu itd.	1%	4%	—
Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami	25%	38%	20%
Zmiana organizacji pracy np. uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej	18%	26%	20%
Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych	41%	60%	60%
Dostawienie dodatkowej maszyny	19%	26%	60%
Zlecenie części produkcji podwykonawcy	24%	21%	20%
Inne	1%	—	6%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych – najczęściej wskazywane przez respondentów działanie usprawniające przepływ procesów według liczby wskazań – dominuje na takim samym poziomie w grupie średnich (60% – 41 z 68) i dużych (60% – 9 z 15) przedsiębiorstw. Pomimo, że w grupie podmiotów małej wielkości rozwiązanie to zostało wskazane przez 41% (63 z 154) ankietowanych, jest to też najczęściej wskazywana odpowiedź spośród wszystkich zaproponowanych.

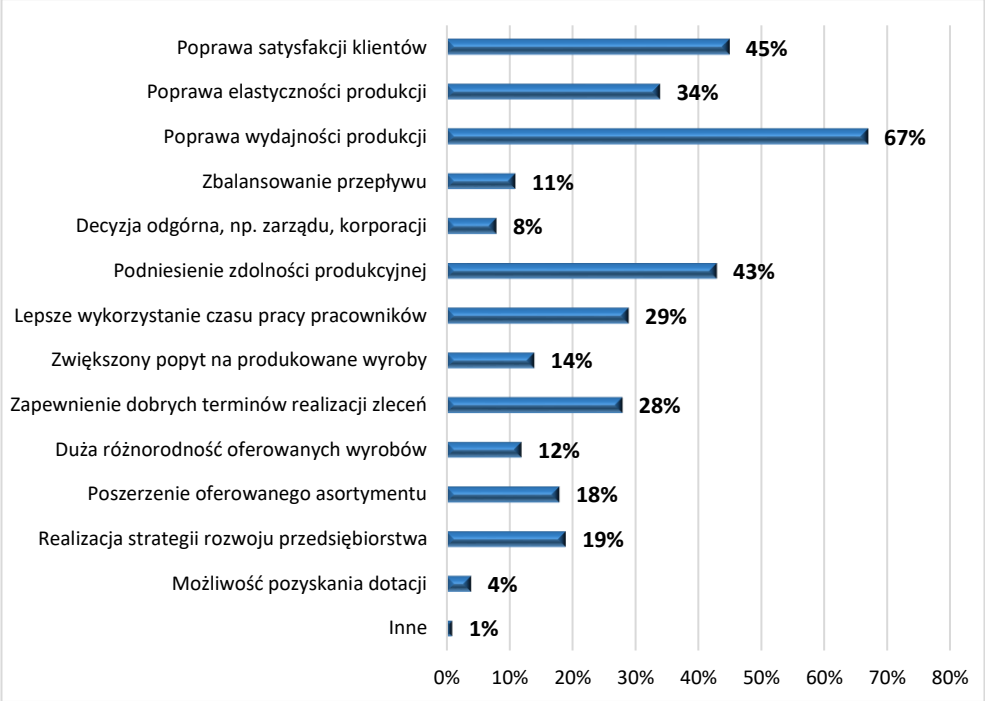
Duże przedsiębiorstwa najchętniej podejmują się usprawnienia przepływu procesów polegającego na *skróceniu czasu przejścia wyrobu przez proces* (73%). Natomiast liczba wskazań tego rozwiązania nie dominuje już w grupie pozostałych przedsiębiorstw, a wręcz można dojść do wniosku, że maleje wraz z jego wielkością (47% w średnich i 27% w małych). Może to być spowodowane faktem, że duże przedsiębiorstwa posiadają bogatą ofertę produktową, co wymaga większej liczby

różnych dodatkowych procesów produkcyjnych oraz zaawansowanych technologicznie maszyn. Podobną tendencję wskazań można zauważyć przy *skróceniu czasu przezbrojenia maszyn.* Rozwiązanie to wskazało 40% respondentów z grupy dużych przedsiębiorstw, natomiast liczba wskazań w pozostałych grupach maleje – 28% w średnich i 21% w małych. Prawdopodobnie jest to uwarunkowane tymi samymi czynnikami, co w poprzednim przypadku. Jeżeli chodzi o usprawnienia przepływu procesów polegające na *dostawieniu dodatkowej maszyny*, zauważono zdecydowaną różnicę w zależności od wielkości badanego podmiotu. W przypadku dużych przedsiębiorstw jest to drugie (na równi z zakupem maszyny o lepszych parametrach) najczęściej stosowane rozwiązanie (60%). Natomiast tylko 19% małych i 26% średnich przedsiębiorstw wskazało podejmowanie tego działania. Może być to spowodowane ograniczeniem dostępnej powierzchni w hali produkcyjnej lub chęcią rozwoju przedsiębiorstwa, dlatego w tej grupie korzystniejszym rozwiązaniem jest zakup maszyny o lepszych parametrach. Jak już wcześniej wspomniano, przedsiębiorstwa poddane badaniu ankietowemu w najmniejszym stopniu są zainteresowane podejmowaniem usprawnienia procesu realizowanego poprzez *eliminację/skrócenie czasu innych strat produkcyjnych, takich jak awarie, przestoje, wadliwość wyrobu itd*. Na uwagę zasługuje fakt, że duże podmioty w ogóle nie decydują się na podjęcie takiego rozwiązania. *Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami* dominuje natomiast w grupie średnich przedsiębiorstw (38%). Zaś respondenci reprezentujący małe i duże przedsiębiorstwa wskazały na dość niską stosowalność tego rozwiązania, wynoszącego odpowiednio 25% i 20%. Udział procentowy wskazań przebadanych podmiotów w odniesieniu do pozostałych możliwych do wyboru działań usprawniających przepływ procesów utrzymuje się na podobnym poziomie, mieszczącym się w przedziale 18–26%.

Czynniki wpływające na decyzje o podjętych działaniach usprawniających

Z uwagi na to, że przedsiębiorstwa podejmują działania mające na celu usprawnienie przepływu procesów, ważną kwestią wydają się być powody warunkujące podejmowanie decyzji o ich wdrożeniu. Dlatego w kolejnym etapie procesu badawczego poproszono respondentów o wskazanie czynników, które wpłynęły na decyzje o podjętych działaniach usprawniających. Podobnie jak w poprzednim pytaniu, ankietowani mieli do wyboru kilka odpowiedzi, jak również mogli wyrazić własne zdanie. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 6.6.

Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że głównym czynnikiem wpływającym na podjęte decyzje o uprawnieniu przepływu procesów jest *poprawa wydajności produkcji*. Wskazało na to 67% badanych podmiotów. Porównywalną liczbę wskazań uzyskały dwie odpowiedzi, takie jak *poprawa satysfakcji klientów* (45%) i *podniesienie zdolności produkcyjnej* (43%). Najmniej wskazań, zaledwie 4% przypadków, uzyskała odpowiedź *możliwość pozyskania dotacji*.



Rysunek 6.6. Czynniki decydujące o podejmowaniu działań usprawniających

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Pogłębiona analiza wyników, uwzględniająca wielkość badanych przedsiębiorstw, pozwoliła na zaobserwowanie ciekawych zależności (tabela 6.4). Niezależnie od wielkości podmiotu, zdecydowanie najczęstszym czynnikiem wpływającym na decyzje o podjętych działaniach usprawniających jest *poprawa wydajności produkcji*, którą wskazało odpowiednio 60% małych, 81% średnich i 73% dużych przedsiębiorstw. Czynnik ten należy interpretować jako potrzebę wzrostu wolumenów produkcyjnych, a wiec dokładnie tego o co chodzi w logice TO – zwiększenie przepływu. Czynnik - poprawa wydajności produkcji - może wyjaśnić zasadność najczęściej podejmowanego działania usprawniającego przepływ procesu jakim jest *zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych* omówionego w poprzednim pytaniu. Wspólne dla wszystkich grup przedsiębiorstw można wyróżnić jeszcze trzy najczęściej wskazywane odpowiedzi związane z *poprawą satysfakcji klientów* (małe – 45%, średnie – 40%, duże – 73%), *poprawą elastyczności produkcji* (małe – 30%, średnie – 38%, duże – 53%) oraz *podniesieniem zdolności produkcyjnej* (małe – 37%, średnie – 51%, duże – 60%). Najmniej wskazań we wszystkich grupach podmiotów otrzymała odpowiedź *możliwość pozyskania dotacji* – odpowiednio 2% (małe), 4% (średnie), 13% (duże). Może być to związane z różnymi ograniczeniami z jakimi borykają się

przedsiębiorstwa, na przykład konieczność wykonania dodatkowej pracy niezbędnej do przygotowania i złożenia wniosku, poniesienie kosztów związanych z zapewnieniem wkładu własnego oraz duża niepewność osiągnięcia sukcesu, czyli pozyskania nowego projektu. *Lepsze wykorzystanie czasu pracy* zostało wskazane przez 40% dużych, 32% średnich i 26% małych podmiotów. Analizując uzyskane wyniki pod kątem odpowiedzi udzielanych przez podmioty o różnej wielkości można wnioskować, że duże przedsiębiorstwa częściej wdrażają standardy i inne techniki lepszego organizowania czasu pracy, zaś im mniejsze przedsiębiorstwo, tym mniejsza świadomość i potrzeba podjęcia działań w tym zakresie.

Tabela 6.4. Wielkość przedsiębiorstwa a czynniki wpływające na decyzje o podejmowaniu działań usprawniających

CZYNNIKI, KTÓRE WPŁYNĘŁY NA DECYZJĘ O PODEJMOWANYCH DZIAŁANIACH USPRAWNIAJĄCYCH	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Poprawa satysfakcji klientów	45%	40%	73%
Poprawa elastyczności produkcji	30%	38%	53%
Poprawa wydajności produkcji	60%	81%	73%
Zbalansowanie przepływu	10%	10%	27%
Decyzja odgórna, np. zarządu, korporacji	3%	15%	33%
Podniesienie zdolności produkcyjnej	37%	51%	60%
Lepsze wykorzystanie czasu pracy pracowników	26%	32%	40%
Zwiększony popyt na produkowane wyroby	13%	15%	20%
Zapewnienie dobrych terminów realizacji zleceń	23%	34%	53%
Duża różnorodność oferowanych wyrobów	8%	19%	20%
Poszerzenie oferowanego asortymentu	16%	24%	13%
Realizacja strategii rozwoju przedsiębiorstwa	14%	21%	53%
Możliwość pozyskania dotacji	2%	4%	13%
Inne	1%	—	—

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Z przeprowadzonych badań wynika, że przedsiębiorstwa dosyć rzadko wdrażają działania usprawniające w celu *zbalansowania przepływu produkcji*.

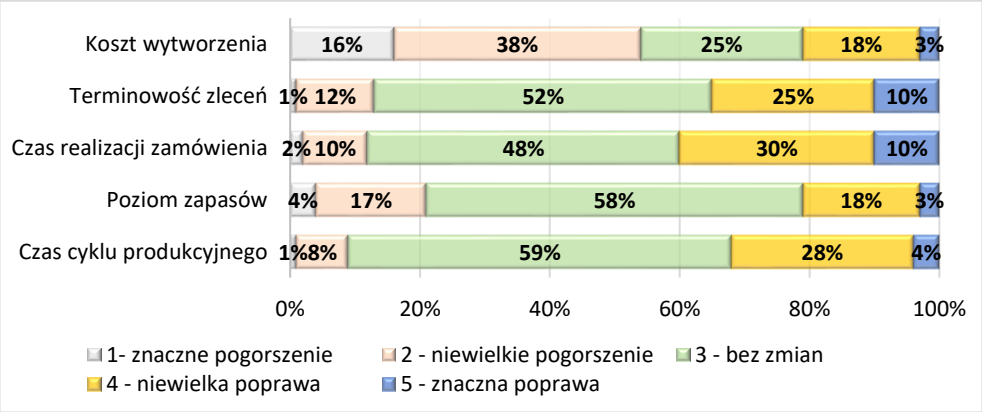
Odpowiedź ta została udzielona przez 10% małych i średnich podmiotów oraz 27% dużych. Może to wynikać z faktu, że system produkcji branży poligraficznej charakteryzuje się zróżnicowanym przepływem oraz brakiem powtarzalności serii w zależności od zlecenia, gdzie ostatecznie trudno utrzymać równowagę pomiędzy wszystkimi procesami. Niskie procenty wskazań zanotowano również przy *zwiększonym popycie na produkowane wyroby* (małe – 13%, średnie – 15%, duże – 20%). Może to świadczyć o tym, że w ostatnich 3 latach przedsiębiorstwa nie pozyskiwały, bądź pozyskiwały w niewielkim stopniu nowych klientów lub większą liczbę zleceń. Czynnikiem, który wywierał niewielki wpływ na decyzje związane z podejmowaniem działań usprawniających okazała się być *duża różnorodność oferowanych wyrobów*. Odpowiedź ta pojawiła się w 8% ankiet wypełnionych przez małe przedsiębiorstwa, zaś w przypadku średnich i dużych podmiotów wskazania uplasowały się na podobnym poziomie – odpowiednio 19% i 20%. Biorąc pod uwagę czynnik dotyczący *poszerzenia oferowanego asortymentu* najwięcej wskazań zanotowano w grupie średnich podmiotów (24%), niewiele mniej (16%) w grupie małych przedsiębiorstw, a najmniej w dużych (13%). Wynika z tego, że małej i średniej wielkości przedsiębiorstwa pomimo aktualnej oferty produktowej cały czas poszerzają swój asortyment, zaś podmioty duże mają na tyle rozubudowaną ofertę, że prawdopodobnie nie są zainteresowane wprowadzaniem nowych produktów do swojej oferty.

Ciekawe zależności związane z wielkością podmiotów można zauważyć analizując kolejne czynniki, które wpłynęły na podjęcie działań usprawniających. Pierwszy z nich to *decyzja odgórna, na przykład zarządu, korporacji*. Wskazało na to 33% dużych przedsiębiorstw, 15% średnich i 3% małych. Wynika z tego, że im większe przedsiębiorstwo, tym częściej można spotkać się z takim sposobem podejmowania decyzji. Kolejny czynnik to *realizacja strategii rozwoju przedsiębiorstwa* – w przypadku dużych przedsiębiorstw jest to 53% wskazań, tylko 21% w średnich i 14% w małych. Można zatem stwierdzić, że w grupie MŚP podejmowanie działań usprawniających nie jest jednym ze sposobów realizacji misji i celów strategicznych odzwierciedlających kierunki i zakres rozwoju organizacji. Ostatni możliwy do wyboru przez respondentów czynnik dotyczył *zapewnienia dobrych terminów realizacji zleceń*. Widać tu różnicę pomiędzy dużymi przedsiębiorstwami i pozostałymi grupami podmiotów. Zauważalne jest, że im większe przedsiębiorstwo, tym większy wpływ na decyzję o podejmowanych działaniach usprawniających odgrywał ten czynnik. Zapewnienie dobrych terminów realizacji zleceń wskazało 53% dużych, 34% średnich i 23% małych przedsiębiorstw. Może to świadczyć o tym, że podmioty wykorzystują termin zlecenia jako jeden z elementów do konkurowania na rynku, w związku z czym są bardziej skłonni do wprowadzania usprawnień mających na celu skrócenie terminów realizacji zleceń.

W prowadzonym badaniu tylko jedno małe przedsiębiorstwo (co stanowi 1%) zdecydowało się na wskazanie dodatkowego czynnika, który wpłynął na decyzję

o podejmowanych działaniach usprawniających. Sformułowana odpowiedź brzmiała *inicjatywa pracownicza*. Pomysły usprawnień wychodzące od pracowników mogą być cennym źródłem informacji dotyczącym warunków pracy oraz dają nowe spojrzenie na dotychczasowe działanie przedsiębiorstwa. Uwagę zwraca fakt, iż pozostałe przedsiębiorstwa nie wskazały tego rodzaju czynnika.

Uzyskane wyniki wskazują, że przedsiębiorstwa podejmują działania usprawniające przede wszystkim w celu poprawy wskaźników produkcyjnych co jest bezpośrednio związane z zadowoleniem klienta i spełnieniem jego potrzeb. W kolejnym kroku zapytano zatem respondentów o zauważone zmiany w monitorowanych przez przedsiębiorstwa wskaźnikach. Poproszono ich o podjęcie próby oszacowania zmian wskaźników operacyjnych w ciągu ostatnich 3 lat. Do oceny pięciu miar wykorzystano skalę Likerta, gdzie ocena *1* oznaczała, że dany wskaźnik *znacznie pogorszył się*, natomiast *5* wskazywało na *znaczną poprawę*. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 6.7.



Rysunek 6.7. Zmiana wskaźników operacyjnych zbadanych przedsiębiorstw w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

W przypadku pierwszego wskaźnika operacyjnego, jakim jest *koszt wytworzenia*, 54% badanych przedsiębiorstw wskazało na jego pogorszenie, co można interpretować jako wzrost kosztów związanych z wytwarzanymi produktami. Największy udział procentowy wskazań otrzymała ocena 2, a więc 38% respondentów stwierdziło niewielkie pogorszenie. Dodatkowo 16% podmiotów wskazało na znaczne pogorszenie tego wskaźnika. Warto zwrócić uwagę, że tylko 3% wskazało na znaczną poprawę wskaźnika, deklarując tym samym zauważalne obniżenie kosztu wytworzenia. Uzyskane wyniki należy intepretować w kontekście zmian cen przemysłowych w okresie, o który pytano respondentów. Wartości wskaźnika cen produkcyjnych (ang. *Producer Price Index*, PPI), który odzwierciedla

zmiany cen w sektorze przetwórstwa przemysłowego w latach 2020-2022 wynosiły odpowiednio 103,4; 105,1; 114,4 przy 100 dla roku 2014. Wskaźnik ten nie oddaje wprawdzie dokładnie wzrostu cen materiałów i surowców w branży poligraficznej, ale pokazuje, że w przemyśle występowały jednak znaczne wzrosty cen. Dlatego uzyskane odpowiedzi pokazują na bardzo ważne korzystne efekty osiągane przez wiele z przebadanych podmiotów.

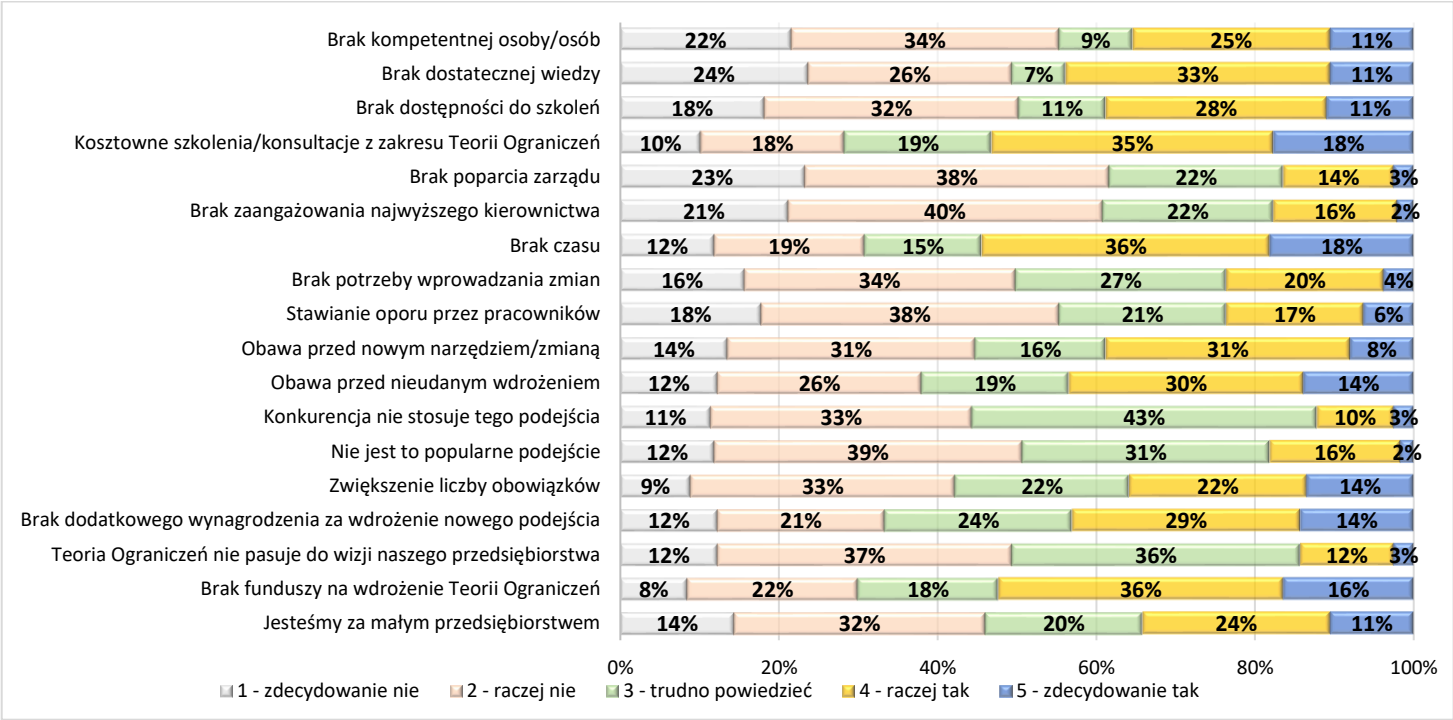
Kolejny analizowany wskaźnik operacyjny to *terminowość zleceń*. Ponad połowa respondentów (52%) oszacowała, że nie uległ on żadnym zmianom, zaś łącznie 35% wskazało na jego niewielką lub znaczną poprawę. Oznacza to, że w ciągu ostatnich 3 lat przedsiębiorstwa te zaobserwowały korzystne zmiany w dotrzymywaniu zadeklarowanych terminów realizacji zleceń. W przypadku następnej miary sytuacja przedstawia się bardzo podobnie. Blisko połowa (48%) podmiotów wskazała, że *czas realizacji zamówienia* nie uległ zmianie, a łącznie 40% badanych przedsiębiorstw odpowiedziało, że nastąpiła niewielka lub znaczna poprawa. Tylko 2% ankietowanych odpowiedziało, że czas realizacji znacznie się pogorszył. Uzyskane wyniki mają bezpośredni wpływ na wyżej analizowany wskaźnik, potwierdzają bowiem, że skrócenie czasu realizacji zamówienia poprawia terminowość zleceń. Ostatnie dwa wskaźniki to *poziom zapasów* oraz *czas cyklu produkcyjnego*. W obydwu przypadkach około 60% podmiotów wskazało, że nie uległy one zmianom. Odnosząc się natomiast do *poziomu zapasów* można zauważyć, że zarówno na poprawę, jak i na pogorszenie wskaźnika wskazało po 21% respondentów. Biorąc pod uwagę *czas cyklu produkcyjnego* uwagę zwraca fakt, że około 32% podmiotów oszacowało poprawę wskaźnika, natomiast tylko 9% wskazało na jego pogorszenie. Można zatem przyjąć, iż w ciągu ostatnich 3 lat wskaźniki te nie uległy znaczącym zmianom.

Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO)

Ostatnim zagadnieniem realizowanym w pierwszej części ankiety było identyfikowanie barier, które występują lub mogą wystąpić podczas stosowania TO w badanych przedsiębiorstwach. Pytanie zawierało osiemnaście możliwych barier, które to respondenci oceniali za pomocą pięciostopniowej skali Likerta, a przyjęte wartości oznaczały: 1 – *zdecydowanie nie*, 2 – *raczej nie*, 3 – *trudno powiedzieć*, 4 – *raczej tak*, 5 – *zdecydowanie tak*. Poproszono również o podanie innych barier, nie uwzględnionych w treści pytania, a mogących mieć znaczenie dla analizowanego zagadnienia. Aby ułatwić ankietowanym ocenę, pytanie poprzedzono komentarzem, w którym wyjaśniono na czym polega wykorzystanie TO. Uzyskane wyniki oceny poszczególnych barier związanych z praktycznym wykorzystaniem TO w badanych przedsiębiorstwach zaprezentowano na rysunku 6.8. Kolorami oznaczono poszczególne stopnie przyjętej skali Likerta wraz ze wskazaniem ich udziału procentowego.

Dokonując analizy otrzymanych danych przyjęto, że bariery, których oceny 4 – *raczej tak* i 5 – *zdecydowanie tak* przekraczają łącznie 50% odpowiedzi respondentów należy uznać za ważne, zaś oceny 1 – *zdecydowanie nie* i 2 – *raczej nie* za bariery, które nie występują. Zatem na podstawie wyników badań można wnioskować, że trzy najważniejsze (najczęściej występujące) w zbadanych przedsiębiorstwach bariery związane ze stosowaniem TO to *brak czasu* (54% wskazań dla ocen 4 i 5), *kosztowne szkolenia/konsultacje z zakresu Teorii Ograniczeń* (53%) oraz *brak funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń* (52%). Co ciekawe, zdaniem badanych, za najmniej istotne bariery (nie występujące w przedsiębiorstwach biorących udział w badaniu) można uznać *brak poparcia zarządu* (61% wskazań dla ocen 1 i 2), *brak zaangażowania najwyższego kierownictwa* (61%), *stawianie oporu przez pracowników* (56%), *brak kompetentnej osoby/osób* (55%), *nie jest to popularne podejście* (51%), *brak dostępności do szkoleń* (50%) oraz *brak potrzeby wprowadzania zmian* (50%). Warto zwrócić również uwagę na dwie bariery, które osiągnęły wynik 49% wskazań dla odpowiedzi na poziomie *1 – zdecydowanie nie* oraz *2 – raczej nie*, a mianowicie *brak dostatecznej wiedzy* (na temat TO) i *Teoria Ograniczeń nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa*. Oba te warianty mają związek z niskim poziomem znajomości analizowanego zagadnienia, a co za tym idzie brakiem świadomości na temat możliwości zastosowania TO. Zatem wskazanie przez respondentów na brak ich występowania świadczy o tym, że zbadane przedsiębiorstwa znają (co najmniej ogólne) założenia Teorii Ograniczeń i mają pewne wyobrażenie o jej stosowaniu.

Podsumowując otrzymane wyniki należy podkreślić, że w zbadanych przedsiębiorstwach występuje poparcie najwyższego szczebla oraz chęć zaangażowania kierownictwa w inicjatywę wprowadzania zmian. Interesujący jest fakt, że respondenci nie widzą bariery w postawie pracowników, wyrażanej poprzez ich opór przed zaangażowaniem i zmianami. W TO, podobnie jak i w innych metodach zarządzania, zwraca się szczególną uwagę na relacje z pracownikami. Wspólne szukanie rozwiązań i zaangażowanie pracowników w dokonywanie usprawnień jest bowiem kluczem do powodzenia realizowanych działań. Dodatkowo ponad 50% ankietowanych twierdzi, że TO jest znaną metodą zarządzania i problemem nie jest posiadanie kompetentnej kadry w celu podjęcia próby jej wdrożenia i stosowania w przedsiębiorstwie. Zatem wsparcie kierownictwa w połączeniu z wiedzą i otwartością pracowników na wprowadzanie zmian można traktować jako korzystne warunki do wdrożenia i wykorzystania TO w praktyce. Przeszkodą w skutecznym stosowaniu analizowanej metody jest brak czasu pracowników posiadających odpowiednie kompetencje do wdrożenia TO spowodowany nadmiarem codziennych obowiązków, a także kwestie finansowe przedsiębiorstwa związane z kosztownymi szkoleniami oraz ograniczonym budżetem na niezbędne inwestycje.



Rysunek 6.8. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

W przeprowadzonym badaniu tylko 1 podmiot zdecydował się na wskazanie własnej bariery, która występuje lub może wystąpić podczas stosowania TO. Sformułowana odpowiedź brzmiała *kapitał na unowocześnienie parku maszynowego*. Uwagę zwraca fakt, że pozostałe przedsiębiorstwa, które wzięły udział w badaniu nie podały tego rodzaju przeszkody. Być może część z respondentów rozważyła taką sytuację wskazując na barierę w postaci *braku funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń*.

W celu przeprowadzenia głębszych analiz uzyskanych wyników określono udział procentowy wskazań w podmiotach o różnej wielkości. Pozwoliło to zauważyć pewne różnice dotyczące barier, jakie mogą wystąpić lub występują podczas stosowania TO. Analizując dane zawarte w tabeli 6.5 można zauważyć, że w przypadku małych przedsiębiorstw występują cztery najważniejsze bariery. Trzy z nich są takie same jak dla wcześniej opisanych wszystkich zbadanych przedsiębiorstw czyli *kosztowne szkolenia/konsultacje z zakresu Teorii Ograniczeń* (52%), *brak czasu* (58%), *brak funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń* (57%). Dodatkową czwartą barierą jest natomiast *wielkość przedsiębiorstwa*, a więc przekonanie, że podmioty te są zbyt małe by z sukcesem zastosować TO.

Zdaniem ankietowanych za najmniej istotne można uznać *brak poparcia zarządu* (61%), *stawianie oporu przez pracowników* (58%), *brak zaangażowania najwyższego kierownictwa* (57%), *brak kompetentnej osoby/osób* (54%), a także przekonanie, że *nie jest to popularne podejście* (51%).

Dokonując analizy uzyskanych wyników w średnich podmiotach (tabela 6.6), najwięcej odpowiedzi potwierdzających występowanie uzyskała tylko jedna bariera, dotycząca *kosztownych szkoleń/konsultacji z zakresu Teorii Ograniczeń*. Odpowiedź tę wskazało 57% zbadanych podmiotów.

Natomiast według respondentów z tej grupy barierami zdecydowanie nie są: *brak zaangażowania najwyższego kierownictwa* (68%), *brak poparcia zarządu* (66%), *jesteśmy za małym przedsiębiorstwem* (60%), *brak kompetentnej osoby/osób* (54%), *brak dostatecznej wiedzy* (53%), *brak dostępności do szkoleń* (52%) oraz *Teoria Ograniczeń nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa* (51%). Warto zauważyć, że żadne z przedsiębiorstw nie wskazało odpowiedzi 5 – *zdecydowanie tak* przy ostatniej z wymienionych barier.

W tabeli 6.7 przedstawiono udział procentowy wskazań w dużych przedsiębiorstwach. Według odpowiedzi respondentów najwięcej wskazań na poziomie *4 – raczej tak* oraz *5 – zdecydowanie tak* otrzymała tylko jedna bariera związana z *brakiem czasu*. Przeszkodę tę zaznaczyło aż 60% podmiotów.

Tabela 6.5. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w małych przedsiębiorstwach

BARIERY, KTÓRE WYSTĘPUJĄ/MOGĄ WYSTĄPIĆ PODCZAS STOSOWANIA TEORII OGRANICZEŃ	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY **MAŁYCH** PRZEDSIĘBIORSTW				
	1 – *zdecydowanie nie*	2 – *raczej nie*	3 – *trudno powiedzieć*	4 – *raczej tak*	5 – *zdecydowanie tak*
Brak kompetentnej osoby/osób	**19%**	**35%**	11%	25%	10%
Brak dostatecznej wiedzy	23%	23%	8%	34%	12%
Brak dostępności do szkoleń	19%	30%	10%	27%	13%
Kosztowne szkolenia/ konsultacje z zakresu Teorii Ograniczeń	10%	18%	19%	**31%**	**21%**
Brak poparcia zarządu	**25%**	**36%**	20%	16%	3%
Brak zaangażowania najwyższego kierownictwa	**21%**	**36%**	23%	17%	3%
Brak czasu	13%	18%	10%	**38%**	**20%**
Brak potrzeby wprowadzania zmian	17%	32%	25%	21%	5%
Stawianie oporu przez pracowników	**18%**	**40%**	23%	14%	5%
Obawa przed nowym narzędziem/ zmianą	17%	29%	17%	28%	9%
Obawa przed nieudanym wdrożeniem	16%	23%	18%	29%	16%
Konkurencja nie stosuje tego podejścia	14%	31%	42%	12%	3%
Nie jest to popularne podejście	**14%**	**37%**	32%	16%	2%
Zwiększenie liczby obowiązków	10%	35%	21%	20%	14%
Brak dodatkowego wynagrodzenia za wdrożenie nowego podejścia	15%	21%	21%	27%	16%
Teoria Ograniczeń nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa	13%	34%	34%	15%	3%
Brak funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń	8%	19%	16%	**34%**	**23%**
Jesteśmy za małym przedsiębiorstwem	11%	18%	18%	**32%**	**21%**

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Tabela 6.6. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w średnich przedsiębiorstwach

BARIERY, KTÓRE WYSTĘPUJĄ/MOGĄ WYSTĄPIĆ PODCZAS STOSOWANIA TEORII OGRANICZEŃ	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY **ŚREDNICH** PRZEDSIĘBIORSTW				
	1 – *zdecydowanie nie*	2 – *raczej nie*	3 – *trudno powiedzieć*	4 – *raczej tak*	5 – *zdecydowanie tak*
Brak kompetentnej osoby/osób	**26%**	**28%**	7%	28%	10%
Brak dostatecznej wiedzy	**25%**	**28%**	3%	37%	7%
Brak dostępności do szkoleń	**15%**	**37%**	10%	32%	6%
Kosztowne szkolenia/ konsultacje z zakresu Teorii Ograniczeń	9%	18%	16%	**44%**	**13%**
Brak poparcia zarządu	**22%**	**44%**	24%	9%	1%
Brak zaangażowania najwyższego kierownictwa	**21%**	**47%**	21%	10%	1%
Brak czasu	10%	18%	28%	31%	13%
Brak potrzeby wprowadzania zmian	10%	38%	32%	16%	3%
Stawianie oporu przez pracowników	15%	34%	19%	24%	9%
Obawa przed nowym narzędziem/ zmianą	7%	32%	16%	38%	6%
Obawa przed nieudanym wdrożeniem	6%	25%	22%	35%	12%
Konkurencja nie stosuje tego podejścia	7%	37%	47%	7%	1%
Nie jest to popularne podejście	7%	38%	34%	19%	1%
Zwiększenie liczby obowiązków	7%	28%	26%	25%	13%
Brak dodatkowego wynagrodzenia za wdrożenie nowego podejścia	6%	21%	29%	34%	10%
Teoria Ograniczeń nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa	**7%**	**44%**	41%	7%	—
Brak funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń	6%	24%	24%	41%	6%
Jesteśmy za małym przedsiębiorstwem	**10%**	**50%**	26%	10%	3%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Tabela 6.7. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w dużych przedsiębiorstwach

BARIERY, KTÓRE WYSTĘPUJĄ/MOGĄ WYSTĄPIĆ PODCZAS STOSOWANIA TEORII OGRANICZEŃ	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY **DUŻYCH** PRZEDSIĘBIORSTW				
	1 – *zdecydowanie nie*	2 – *raczej nie*	3 – *trudno powiedzieć*	4 – *raczej tak*	5 – *zdecydowanie tak*
Brak kompetentnej osoby/osób	**26%**	**47%**	—	7%	20%
Brak dostatecznej wiedzy	**27%**	**40%**	7%	13%	13%
Brak dostępności do szkoleń	**20%**	**33%**	20%	13%	13%
Kosztowne szkolenia/ konsultacje z zakresu Teorii Ograniczeń	7%	27%	20%	40%	—
Brak poparcia zarządu	7%	40%	33%	20%	—
Brak zaangażowania najwyższego kierownictwa	**20%**	**40%**	13%	27%	—
Brak czasu	7%	33%	—	**40%**	**20%**
Brak potrzeby wprowadzania zmian	7%	33%	20%	20%	—
Stawianie oporu przez pracowników	**27%**	**33%**	7%	27%	7%
Obawa przed nowym narzędziem/zmianą	**7%**	**47%**	13%	27%	7%
Obawa przed nieudanym wdrożeniem	**7%**	**60%**	13%	13%	7%
Konkurencja nie stosuje tego podejścia	7%	40%	47%	—	7%
Nie jest to popularne podejście	**13%**	**60%**	13%	13%	—
Zwiększenie liczby obowiązków	7%	40%	13%	33%	7%
Brak dodatkowego wynagrodzenia za wdrożenie nowego podejścia	13%	20%	27%	20%	20%
Teoria Ograniczeń nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa	**27%**	**33%**	33%	—	7%
Brak funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń	**20%**	**33%**	13%	33%	—
Jesteśmy za małym przedsiębiorstwem	**67%**	**33%**	—	—	—

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując odpowiedzi ankietowanych dla wskazań *1 – zdecydowanie nie* oraz *2 – raczej nie*, można wyróżnić aż 11 barier, które są zdecydowanie najmniej istotne z punktu widzenia badanych podmiotów i nie są traktowane jako przeszkody. Należą do nich: *jesteśmy za małym przedsiębiorstwem* (100%), *nie jest to popularne podejście* (73%), *brak kompetentnej osoby/osób* (73%), *obawa przed nieudanym wdrożeniem* (67%), *brak dostatecznej wiedzy* (67%), *brak zaangażowania kierownictwa* (60%), *stawianie oporu przez pracowników* (60%), *Teoria Ograniczeń nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa* (60%), *obawa przed nowym narzędziem/zmianą* (54%), *brak funduszy na wdrożenie Teorii Ograniczeń* (53%) oraz *brak dostępności do szkoleń* (53%). Warto zwrócić uwagę, iż w tej grupie badawczej respondenci zdecydowanie częściej wskazywali na oceny świadczące o braku występowania barier w stosowaniu Teorii Ograniczeń. Ponadto ich odpowiedzi były bardziej sprecyzowane, o czym świadczy brak wskazań dla ocen *3 – trudno powiedzieć*, *4 – raczej tak* oraz *5 – zdecydowanie tak* przy wielu analizowanych barierach.

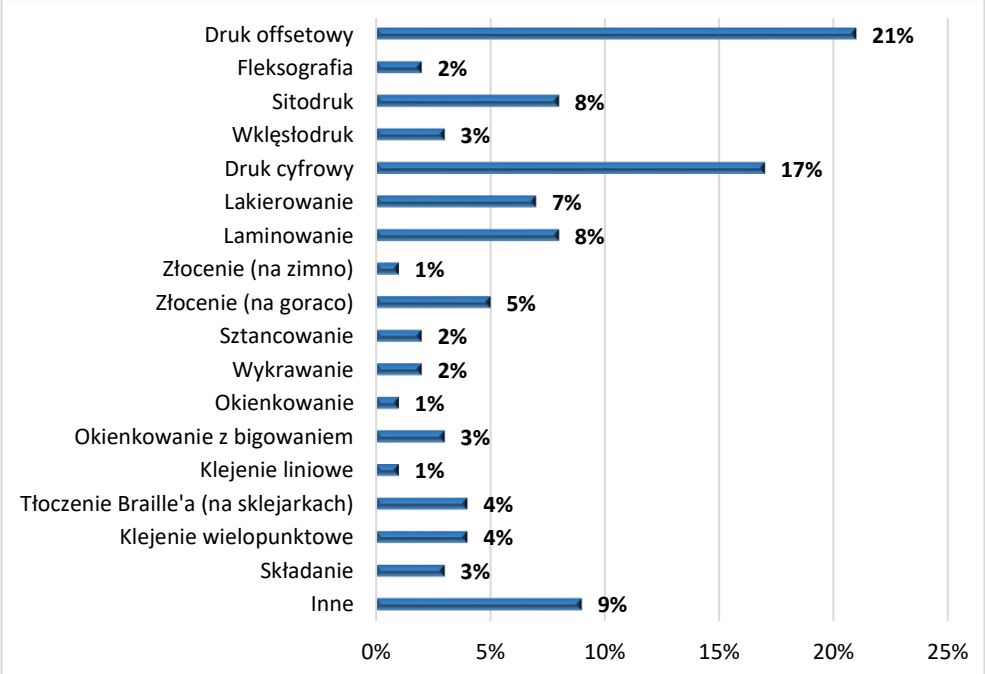
Podsumowując otrzymane wyniki udziału procentowego wskazań w podmiotach o różnej wielkości należy stwierdzić, że barierą zarówno w małych, jak i w średnich przedsiębiorstwach, są problemy związane z pozyskaniem środków finansowych na kosztowne szkolenia, consulting i doradztwo w zakresie TO. W małych przedsiębiorstwach również problemy z finansowaniem wdrożenia metody. Natomiast duże przedsiębiorstwa zmagają się przede wszystkim z brakiem czasu na wdrożenie i działanie według koncepcji Goldratta. Na brak czasu wskazywali również respondenci z małych przedsiębiorstw, co w ich przypadku może wynikać z niewielkiej liczby pracowników i nadmiaru obowiązków.

6.3. Ocena gotowości przedsiębiorstw poligraficznych do identyfikowania ograniczeń w systemie produkcyjnym

Część II kwestionariusza ankiety miała na celu pozyskanie informacji na temat wąskiego gardła oraz poziomu trudności jego wyznaczania w przedsiębiorstwie. Poniżej zaprezentowano uzyskane odpowiedzi respondentów.

Proces produkcyjny jako obecne wąskie gardło w przedsiębiorstwach

W części drugiej badania ankietowego poproszono respondentów o wskazanie procesu produkcyjnego, który ich zdaniem stanowi obecnie wąskie gardło w przepływie produkcyjnym. Lista potencjalnych wąskich gardeł została opracowana na podstawie szczegółowego przeglądu literatury branżowej oraz raportów analizujących rynek poligraficzny w Polsce. W ramach pytania wyszczególniono siedemnaście procesów produkcyjnych oraz uwzględniono możliwość podania własnej odpowiedzi. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 6.9.



Rysunek 6.9. Obecne wąskie gardło w przepływie produkcji badanych przedsiębiorstw

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analiza uzyskanych wyników pokazuje, że proces *druku offsetowego* jest najczęściej wskazywanym wąskim gardłem w przepływie produkcyjnym badanych przedsiębiorstw. Wskazało na niego 21% podmiotów biorących udział w badaniu. Ponadto 17% respondentów zadeklarowało również *druk cyfrowy*. Wskazane przez ankietowanych procesy produkcyjne można uznać za jedne z głównych technik druku. Są to również procesy, które odbywają się w początkowej fazie produkcji. Pomimo, że charakteryzują się wysoką wydajnością, według respondentów stanowią obecne wąskie gardła. Wysoki procent wskazań respondentów może świadczyć o tym, że są to działania wymagające długich czasów przezbrojeń. Proces *sitodruku*, *lakierowania* i *laminowania* wskazało po 7-8% ankietowanych, natomiast pozostałe procesy zostały wskazane przez pojedyncze podmioty, a ich udział procentowy zawiera się w przedziale 1-5%. Z możliwości wskazania własnego wariantu odpowiedzi skorzystało 21 podmiotów, co stanowi 9% uczestników badania. Sformułowane przez nich odpowiedzi dotyczyły następujących procesów: *falcowanie (złożenie większego arkusza papieru w mały)*; *oprawa druku*; *konfekcja, rozpakowywanie i zapakowywanie*; *wykonywanie okładek do oprawy twardej*; *oprawa i szycie*. Dodatkowo jeden podmiot swoją odpowiedź sformułował jako *nie mam zdania*. Interesujący jest jednak fakt, że w grupie tych 21 podmiotów aż 15 wskazało, że *nie występuje wąskie gardło* w przepływie produkcji. Może to

świadczyć o tym, że menedżerowie mogą mieć ograniczoną wiedzę na temat wąskiego gardła. Przeprowadzone badania pogłębione wykazały, że różne metody identyfikacji wąskiego gardła mogą prowadzić do różnych wyników i wskazań. Dodatkowo uzyskany wyniki może wskazywać, że w badanych podmiotach występują ograniczenia, które znajdują się poza przepływem produkcji.

Aby lepiej zrozumieć, który proces jest wąskim gardłem w przedsiębiorstwach o różnej wielkości, dokonano analizy zgromadzonych wyników w poszczególnych grupach podmiotów. Pozwoliło to zauważyć różnice pomiędzy badanymi jednostkami i wyciągnąć wnioski. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 6.8.

Tabela 6.8. Wielkość przedsiębiorstwa a proces produkcyjny stanowiący obecnie wąskie gardło w przepływie produkcji

PROCES PRODUKCYJNY, KTÓRY JEST OBECNIE WĄSKIM GARDŁEM	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Druk offsetowy	**25%**	**15%**	7%
Fleksografia	3%	—	7%
Sitodruk	6%	12%	7%
Wklęsłodruk	3%	—	**27%**
Druk cyfrowy	**17%**	**19%**	7%
Lakierowanie	8%	6%	—
Laminowanie	8%	10%	—
Złocenie (na zimno)	1%	3%	—
Złocenie (na gorąco)	3%	6%	13%
Sztancowanie	3%	-	—
Wykrawanie	1%	3%	—
Okienkowanie	1%	1%	—
Okienkowanie z bigowaniem	3%	4%	—
Klejenie liniowe	—	4%	—
Tłoczenie Braille'a (na sklejarkach)	3%	1%	**20%**
Klejenie wielopunktowe	4%	3%	7%
Składanie	4%	—	—
Inne	8%	12%	—

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

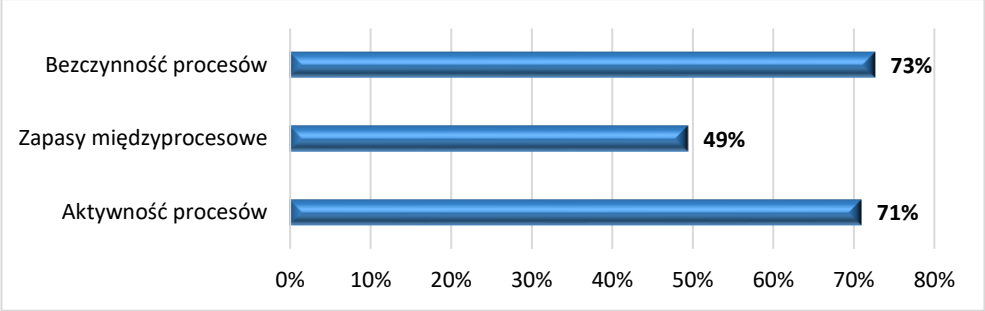
Uczestniczący w badaniu przedstawiciele małych przedsiębiorstw najczęściej wskazywali wąskie gardło jako *druk offsetowy* (25%) i *druk cyfrowy* (17%). Te same procesy produkcyjne były również najczęściej zaznaczane przez przedstawicieli średnich podmiotów, uzyskując odpowiednio 15% i 19% wskazań. Biorąc pod uwagę doniesienia z najnowszego raportu poligraficznego [356] są to dwie najpopularniejsze technologie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa poligraficzne. Z kolei respondenci reprezentujący duże przedsiębiorstwa zwrócili uwagę na zupełnie inne działania uznając je za wąskie gardło w przepływie produkcji. Najwięcej odpowiedzi uzyskały *wklęsłodruk* (27%) oraz *tłoczenie Braille'a (na sklejarkach)* (20%). Warto zwrócić uwagę, że niektóre procesy produkcyjne, które mogłyby być potencjalnymi wąskimi gardłami nie uzyskały żadnych wskazań. W znacznym stopniu taka sytuacja miała miejsce w dużych podmiotach (ponad 50% wariantów odpowiedzi). Różnice obserwowane pomiędzy poszczególnymi grupami przedsiębiorstw mogą mieć związek ze skalą produkcji, wykorzystywanymi technologiami i stopniem ich zaawansowania, a także specjalizacją zakładów produkcyjnych.

Na wskazanie innego procesu produkcyjnego, który jest wąskim gardłem w przepływie produkcji zdecydowało się 8% małych i 12% średnich przedsiębiorstw. Duże podmioty nie wyraziły własnego zdania na ten temat. Sformułowane odpowiedzi respondentów małych przedsiębiorstw to: *falcowanie (złożenie większego arkusza papieru w mały)*; *konfekcja, rozpakowywanie i zapakowywanie*; *oprawa i szycie*. Dodatkowo 12 podmiotów wskazało, że *nie występuje wąskie gardło*. Z kolei odpowiedzi średnich przedsiębiorstw to: *oprawa druku*; *wykonywanie okładek do oprawy twardej; nie mam zdania* oraz 3 podmioty wskazały, że *nie występuje wąskie gardło*.

Obserwacja procesu produkcyjnego

W kolejnym kroku badania ankietowego respondenci zostali zapytani o systematyczność i celowość obserwacji procesu produkcyjnego pod kątem trzech wskaźników. Dla każdego z nich oczekiwano odpowiedzi *tak* lub *nie*. W pytaniu nie przewidziano możliwości uzupełnienia listy o własne odpowiedzi. Działanie to było zamierzone, ponieważ pytanie drugie i trzecie z tej części kwestionariusza miało na celu sprawdzenie uniwersalności opracowanej autorskiej metodyki identyfikacji ograniczeń w systemie produkcyjnym (opisanej w rozdziale 5). Uniwersalność jest rozumiana jako możliwość przeprowadzenia analiz na podstawie danych historycznych przedsiębiorstw z branży poligraficznej. Dlatego też w tym przypadku proponowane warianty odpowiedzi odnosiły się tylko do elementów uwzględnionych w opracowanej metodyce. Uzyskane wyniki związane z obserwacją procesu produkcyjnego zaprezentowano na rysunku 6.10.

[356] Ibidem, s. 58.



Rysunek 6.10. Systematyczność i celowość obserwacji procesu produkcyjnego

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Odpowiedzi respondentów zdecydowanie wskazują na systematyczne i celowe obserwowanie procesu produkcyjnego. Ponad 70% przedsiębiorstw monitoruje procesy pod kątem ich *bezczynności*, rozumianej jako najkrótszy czas przebywania procesu w stanie nieaktywnym oraz pod kątem *aktywności procesów*, czyli najdłuższego czasu przebywania procesu w stanie aktywnym. Dodatkowo około 50% podmiotów monitoruje wielkości *zapasów międzyprocesowych*.

Głębsze analizy zebranych wyników pozwoliły na wyciągnięcie bardzo interesujących wniosków na temat systematyczności i celowości obserwacji procesu produkcyjnego w poszczególnych grupach respondentów. Okazuje się, że im większe przedsiębiorstwo, tym częściej prowadzona jest obserwacja procesu pod kątem analizowanych w pytaniu wskaźników. Podsumowanie zebranych danych przedstawiono w tabeli 6.9.

Tabela 6.9. Wielkość przedsiębiorstwa a systematyczność i celowość obserwacji procesu produkcyjnego

OBSERWACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO POD KĄTEM:	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Bezczynności procesów	64%	81%	87%
Zapasów międzyprocesowych	45%	54%	73%
Aktywności procesów	66%	85%	93%
Łącznie 3 odpowiedzi	32%	49%	73%

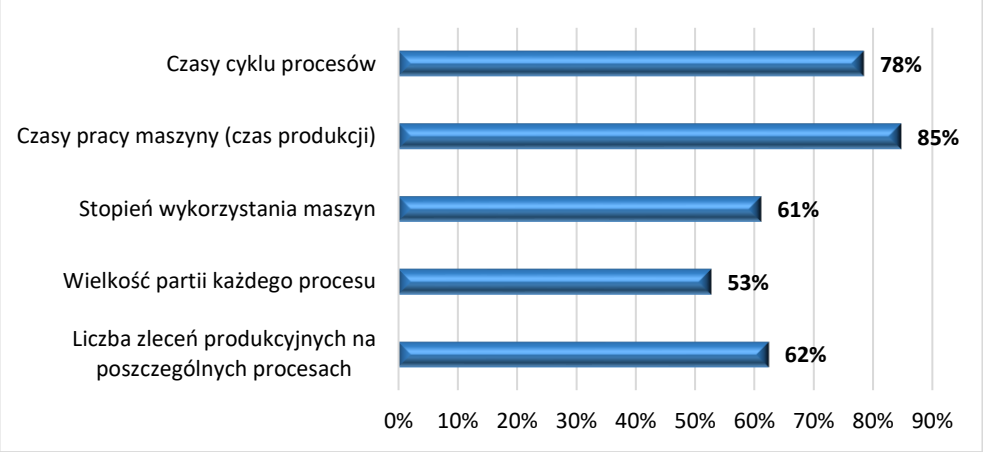
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Bez względu na wielkość podmiotu, systematyczna i celowa obserwacja *aktywności procesów* produkcyjnych jest najczęściej monitorowanym wskaźnikiem

wskazywanym przez 66% małych, 85% średnich i 93% dużych przedsiębiorstw. Małe podmioty równie często (64% wskazań) obserwują proces pod kątem jego *bezczynności*. W pozostałych grupach wskaźnik ten monitoruje 81% średnich i 87% dużych przedsiębiorstw. Podmioty poddane badaniu w najmniejszym stopniu obserwują proces pod kątem *zapasów międzyprocesowych* – 45% wskazań w przypadku małych, 54% w przypadku średnich i 73% wskazań w przypadku dużych przedsiębiorstw. Obserwacja wszystkich trzech analizowanych wskaźników jest prowadzona przez 32% małych, 49% średnich i 73% dużych podmiotów. Na podstawie otrzymanych wyników badań można wnioskować, że obserwacja procesu produkcyjnego pod kątem jego bezczynności, aktywności jak i zapasów produkcji w toku jest prowadzona przez przedsiębiorstwa niezależnie od ich wielkości. Jednak wyraźnie widać, że udział procentowy wskazań jest zdecydowanie największy w dużych podmiotach, co może być związane z bardziej powszechnym wykorzystywaniem przez nie różnego rodzaju systemów zarządzania produkcją, których skuteczność zależy od odpowiedniego doboru i analizy wskaźników pozwalających określić efektywność pracy zakładów produkcyjnych.

Parametry procesu produkcyjnego

Kolejną kwestią, z którą zwrócono się do respondentów w badaniu kwestionariuszowym była systematyczność gromadzenia i analizy różnych parametrów procesu. Poproszono o zaznaczenie odpowiedzi *tak* lub *nie* przy pięciu zaproponowanych parametrach. Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunku 6.11.



Rysunek 6.11. Parametry procesu produkcyjnego analizowane przez badane przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analiza uzyskanych wyników pokazuje, że najwięcej wskazań respondentów (85%) dotyczyło zbierania i analizy danych na temat *czasu pracy maszyny (czasu produkcji)*. Niewiele mniej, bo 78% wskazań zanotowano dla odpowiedzi *czasy cyklu procesów*. Ponad 60% przedsiębiorstw zbiera i analizuje dane dotyczące *stopnia wykorzystania maszyn* oraz *liczby zleceń produkcyjnych na poszczególnych procesach*. Najmniejszy procent wskazań (mimo to bardzo wysoki, bo wynoszący 53%) uzyskano dla parametru związanego z *wielkością partii każdego procesu.*

Odpowiedzi respondentów zdecydowanie wskazują, że badane przedsiębiorstwa gromadzą, a następnie poddają szczegółowym analizom wszystkie wymienione w rozpatrywanym pytaniu parametry procesu produkcyjnego. Uzyskany procent wskazań w przypadku każdego z parametrów utrzymuje się na wysokim poziomie i wynosi ponad 50%.

Pogłębiona analiza wyników, uwzględniająca wielkość badanych przedsiębiorstw, pozwoliła na zaobserwowanie zależności, że im większe przedsiębiorstwo, tym systematyczność zbierania i analizy parametrów procesu jest częściej praktykowana. Rozkład procentowy uzyskanych wyników przedstawiono w tabeli 6.10.

Tabela 6.10. Wielkość przedsiębiorstwa a systematyczność zbierania i analizy parametrów procesu

ZBIERANE I ANALIZOWANE PARAMETRY PROCESU	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Czasy cyklu procesów	73%	88%	87%
Czasy pracy maszyny (czas produkcji)	82%	90%	93%
Stopień wykorzystania maszyn	53%	78%	73%
Wielkość partii każdego procesu	46%	62%	80%
Liczba zleceń produkcyjnych na poszczególnych procesach	51%	82%	87%
Łącznie 5 odpowiedzi	24%	46%	67%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Zdecydowanie najczęściej zbieranym i analizowanym parametrem procesu jest *czas pracy maszyny (czas produkcji)*. Udział procentowy wskazań w małych przedsiębiorstwach wynosi w tym przypadku 82%, w średnich 90%, a w dużych 93%. Kolejne często zbierane i analizowane parametry to *czasy cyklu procesów*, które uzyskały odpowiednio 73% wskazań w małych, 88% w średnich i 87% w dużych przedsiębiorstwach. Należy podkreślić, że kolejność stosowania

wymienionych w pytaniu parametrów procesu, ustalona na podstawie udziału procentowego wskazań respondentów, jest podobna w każdej zbadanej grupie przedsiębiorstw. Najrzadziej rejestrowanym spośród branych pod uwagę parametrów w grupie małych i średnich podmiotów jest *wielkość partii każdego procesu* (udział wskazań wynosi odpowiednio 46% i 62%), zaś w grupie dużych jednostek jest to *stopień wykorzystania maszyn* (73%). Około 51% małych podmiotów systematycznie zbiera i analizuje informacje związane z *liczbą zleceń produkcyjnych na poszczególnych procesach*, zaś pozostałe grupy przedsiębiorstw monitorują ten parametr z dużo wyższym nasileniem wynoszącym 82% w średnich oraz 87% w dużych podmiotach. Zbieranie oraz poddawanie analizie informacje na temat wszystkich pięciu badanych parametrów jest wykonywane przez 24% małych, 46% średnich i 67% dużych podmiotów.

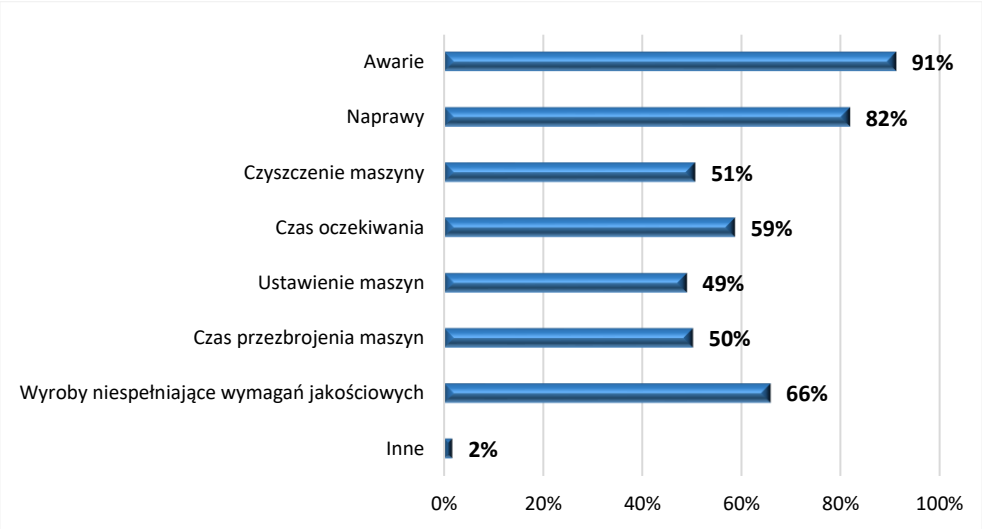
Wyniki badań jednoznacznie wskazują na przewagę liczby odpowiedzi potwierdzających gromadzenie informacji na temat parametrów procesu, zwłaszcza w przypadku dużych przedsiębiorstw. Warto zauważyć, że wymienione możliwości odpowiedzi, takie jak czas cyklu procesów, czas pracy maszyn, wielkości partii itd., stanowią podstawowe parametry procesu, które obrazują aktualny stan przedsiębiorstwa. Jednakże, istotne jest podkreślenie, że nie wszystkie podmioty monitorują i analizują te parametry, lub skupiają się na wybranych z nich. Bez tych podstawowych, ale zarazem bardzo ważnych informacji, przedsiębiorstwo nie jest w stanie skutecznie ocenić przepływu produkcyjnego ani zidentyfikować wąskich gardeł. Aby doskonalić i rozwijać przepływ produkcyjny, niezbędne jest nieustanne monitorowanie i analizowanie podstawowych parametrów procesów. To kluczowe działanie, które umożliwia przedsiębiorstwu uzyskanie pełniejszego obrazu swojej działalności, identyfikację obszarów do usprawnienia oraz podejmowanie celowanych działań mających na celu eliminację wąskich gardeł i poprawę efektywności całego systemu produkcyjnego.

Straty procesu produkcyjnego

Ostatnim zagadnieniem analizowanym w części II ankiety były straty procesu produkcyjnego, o których badane przedsiębiorstwa zbierają pełną informację. Poproszono respondentów o zaznaczenie odpowiedzi *tak* lub *nie* przy siedmiu propozycjach strat, a także o podanie innych, które nie zostały wymienione na liście odpowiedzi, a są monitorowane w przedsiębiorstwie. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 6.12.

Zdecydowanie najczęściej wskazywaną przez respondentów stratą procesu produkcyjnego, o której zbierane są pełne informacje stanowią *awarie*. Monitoruje je 91% wszystkich zbadanych przedsiębiorstw. Niewiele mniej, bo 82% podmiotów wskazało na odpowiedź *naprawy*. Kolejną istotną stratą procesu, zbieraną przez 66% zbadanych przedsiębiorstw są *wyroby niespełniające wymagań jakościowych*, a 59% respondentów wskazało na odpowiedź *czas oczekiwania*. Strata ta występuje na

różnych etapach procesu. Na podstawie przeprowadzonych studiów przypadku, opisanych w rozdziale 5, można wyróżnić między innymi czas oczekiwania związany z akceptacją klienta lub czas oczekiwania na informację zwrotną, na przykład z działu graficznego. Pozostałe warianty odpowiedzi uzyskały porównywalną liczbę wskazań, kształtującą jej udział procentowy na poziomie około 49–51%.



Rysunek 6.12. Straty procesu produkcyjnego monitorowane przez badane przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

W prowadzonym badaniu tylko 4 podmioty z 237 uczestniczących w ankiecie zdecydowały się na wskazanie innej niż wymienione w pytaniu straty procesu produkcyjnego. Sformułowane odpowiedzi to: *druk niespełniający wymagań klientów występujący na początku i końcu pracy maszyny offsetowej (makulatura)*; *czas trwania czasu nieprodukcyjnego na maszynie (zatrzymanie maszyny); reklamacje*; *wady przy dostawie.*

Należy zauważyć, że straty produkcyjne są powszechnym, często występującym zjawiskiem w przedsiębiorstwach. Co więcej, respondenci wskazali też straty spoza listy zaproponowanych. Przeprowadzone studia przypadków jednoznacznie wskazują, że obecność tych strat znacząco utrudnia identyfikację wąskich gardeł.

W celu przeprowadzenia głębszej analizy uzyskanych wyników określono udział wskazań w poszczególnych grupach zbadanych przedsiębiorstw. Tak jak i w poprzednich pytaniach, w tym przypadku również zauważono różnice pomiędzy podmiotami o różnej wielkości. Udział procentowy uzyskanych wyników przedstawiono w tabeli 6.11.

Bez względu na wielkość podmiotu, najczęściej wskazywaną stratą są *awarie*, co w przypadku dużych przedsiębiorstw wynosi aż 100% odpowiedzi. Grupa ta, tak wysoki wynik uzyskała jeszcze przy monitorowaniu strat dotyczących *czasu oczekiwania* oraz *czasu przezbrojenia maszyn*. Pozostałe zawarte w pytaniu odpowiedzi również osiągnęły bardzo wysoki udział procentowy wskazań, bo aż na poziomie 93% – 14 z 15 dużych przedsiębiorstw zaznaczyło odpowiedź *tak*. W przypadku małych i średnich przedsiębiorstw można zauważyć podobną tendencję wskazań odnoszącą się do kolejności odpowiedzi według udziału procentowego. Oprócz awarii, kolejnymi najczęściej rejestrowanymi stratami w tych grupach podmiotów są *naprawy* i *wyroby niespełniające standardów jakościowych*, uzyskały one odpowiednio następujące wartości procentowe – grupa małych przedsiębiorstw: 79% i 61%; grupa średnich przedsiębiorstw: 85% i 74%. Pozostałe możliwe do wyboru straty procesu produkcyjnego w małych przedsiębiorstwach utrzymują się w przedziale 42–48%, a w średnich 51–60%. Biorąc pod uwagę przedsiębiorstwa, które podczas badania kwestionariuszowego zaznaczyły, że zbierają pełne informacje na temat wszystkich wymienionych w pytaniu strat należy stwierdzić, że takie działania prowadzi 23% małych, 34% średnich i 80% dużych podmiotów.

Tabela 6.11. Wielkość przedsiębiorstwa a zbieranie pełnych informacji o stratach procesu produkcyjnego

MONITOROWANE STRATY PROCESU PRODUKCYJNEGO	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Awarie	88%	96%	100%
Naprawy	79%	85%	93%
Czyszczenie maszyny	42%	60%	93%
Czas oczekiwania	48%	74%	100%
Ustawienie maszyn	42%	54%	93%
Czas przezbrojenia maszyn	45%	51%	100%
Wyroby niespełniające wymagań jakościowych	61%	74%	93%
Inne	1%	1%	13%
Łącznie 7 odpowiedzi	23%	34%	80%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując wskazane przez respondentów dodatkowe straty procesu produkcyjnego można zaobserwować, że są one monitorowane przede wszystkim

w dużych przedsiębiorstwach. Dwa podmioty z tej grupy (13%) zdecydowały się na uzupełnienie zawartej w pytaniu listy strat, a wśród ich odpowiedzi znalazły się *druk niespełniający wymagań klientów występujący na początku i końcu pracy maszyny offsetowej (makulatura)* oraz *czas trwania czasu nieprodukcyjnego na maszynie (zatrzymanie maszyny)*. Pozostałe odpowiedzi zostały podane przez jedno małe (*wady przy dostawie*) i jedno średnie (*reklamacje*) przedsiębiorstwo.

Wszystkie zaproponowane straty procesu produkcyjnego są zbierane w przedsiębiorstwach uczestniczących w badanu, niezależnie od ich wielkości, jednak z różnym nasileniem – wyraźnie widać przewagę wskazań w dużych podmiotach. Może to wynikać między innymi z posiadania większej liczby zasobów (finansowych, ludzkich i technologicznych) do zbierania i analizowania danych.

Podsumowując uzyskane wyniki z drugiej części badania ankietowego należy stwierdzić, że przedsiębiorstwa produkcyjne zmagają się z wąskimi gardłami w swoich procesach. Odpowiedzi respondentów zdecydowanie wskazują na prowadzenie przez nich działań związanych z obserwacją procesu produkcyjnego, zbieraniem i analizą różnych parametrów procesu oraz strat produkcyjnych. Jak już wcześniej opisano w rozdziale 5., opracowana metodyka identyfikacji ograniczeń nie wymaga zastosowania wszystkich zawartych w niej metod identyfikacji wąskiego gardła. Dlatego też można zakładać, że jest to narzędzie uniwersalne, wykorzystywane przez małe, średnie i duże przedsiębiorstwa poligraficzne.

6.4. Badanie związków pomiędzy cechami

Wyniki ankiet uzyskane w procesie badawczym zostały poddane analizie statystycznej. W zależności od celu badania i rodzaju danych dokonano wyboru odpowiednich narzędzi. Jednym z nich jest test niezależności $\chi 2$ (chi-kwadrat), który służy do analizy zależności pomiędzy dwiema zmiennymi nominalnymi. Do oszacowania siły związku pomiędzy tymi zmiennymi, zastosowano współczynnik V Cramera, który jest obliczany na podstawie wartości testu chi-kwadrat oraz liczby obserwacji w badaniu. Jest to miara związku pomiędzy dwiema cechami nominalnymi, która wynosi od 0 do 1, gdzie 0 oznacza brak związku, a 1 – pełną zależność. W niniejszej pracy przyjęto następującą interpretację współczynnika V Cramera: 0 – brak siły związku pomiędzy zmiennymi; (0; 0,5) – siła związku słaba; ⟨0,5; 0,7) – siła związku umiarkowana; ⟨0,7; 0,9) – silna siła związku; ⟨0,9; 1) – pełna zależność[357].

Dla zmiennych porządkowych, dotyczących wskaźników operacyjnych obliczono podstawowe statystyki opisowe, wyznaczono miary tendencji centralnej, takie jak średnią (M), medianę (Me), odchylenie standardowe (SD), skośność (Sk.), kurtozę (Kurt.) oraz wartość minimalną (Min) i maksymalną (Maks.). Kolejnym

[357] A.D. Aczel, *Statystyka w zarządzaniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010, s. 747.

etapem badania było wykonanie testu normalności rozkładu, a dokładnie testu Kołmogorowa-Smirnowa dla zmiennych porządkowych. Przyjęto następujące założenia dotyczące wyników testu: jeżeli p>0,05 to rozkłady nie różnią się od rozkładu normalnego; jeżeli p<0,05 rozkłady różnią się od rozkładu normalnego[358]. Po rozpoznaniu normalności badanych rozkładów przeprowadzono nieparametryczny test *U* Manna-Whitney'a, który służy do sprawdzenia różnicy w rozkładzie między dwiema zmiennymi niezależnymi na podstawie zmiennej zależnej porządkowej. Aby określić siłę efektu pomiędzy badanymi zmiennymi zastosowano współczynnik *r*, który bazuje na statystyce testowej *Z* oraz liczbie par *n* i jest obliczany według wzoru:

$$\boldsymbol{r} = \frac{|\boldsymbol{Z}|}{\sqrt{\boldsymbol{n}}} \tag{12}$$

Rozmiar efektu interpretowano według następujących zasad: (0; 0,3) – efekt mały; ⟨0,3; 0,5) – efekt średni; ⟨0,5; 1) – efektu duży[359].

Ostatnim wykorzystanym narzędziem statystycznym jest analiza korelacji. Współczynnik korelacji to miara statystyczna, która służy do określenia związku jak i siły zależności pomiędzy dwiema zmiennymi[360]. Wykorzystane do badania związków dane jakościowe były gromadzone przy wykorzystaniu skali nominalnej i skali porządkowej. Skala nominalna umożliwiła kategoryzację zmiennych, natomiast skala porządkowa pozwoliła na porządkowanie wartości według pewnego kryterium[361]. Współczynnik korelacji informuje zarówno o kierunku jak i o sile zależności pomiędzy dwiema zmiennymi. Kierunek związku określany jest przez znak współczynnika korelacji, który może być dodatni lub ujemny. Oceniając siłę, zależności mogą być słabe, umiarkowane lub silne. Wartość współczynnika korelacji zawiera się w przedziale ⟨-1; 1⟩, gdzie wartość -1 oznacza silną ujemną korelację (zmienne poruszają się w przeciwnych kierunkach, czyli jeśli wartość jednej zmiennej rośnie to drugiej maleje), wartość 0 oznacza brak korelacji, a wartość 1 oznacza silną dodatnią korelację (zmienne poruszają się w tym samym kierunku, czyli wartość jednej i drugiej zmiennej rośnie)[362]. Interpretację siły związku pomiędzy dwiema zmiennymi przyjęto jak w przypadku współczynnika V Cramera. Po rozważeniu różnych metod analizy i uwzględnieniu charakteru zbieranych danych, do analizy wyników badania ankietowego zdecydowano się na zastosowanie testów nieparametrycznych. Do przeprowadzenia analizy, której

---

358 Ibidem, s. 155.

359 *Mann-Whitney U-Test*, strona internetowa, https://datatab.net/tutorial/mann-whitney-u-test [dostęp: 29.03.2023].

360 A. Gdakowicz, M. Hozer-Koćmiel, I. Markowicz, *Zastosowanie metod opisu statystycznego do badania zjawisk społeczno-ekonomicznych*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2022, s. 127.

361 A. Stanisz, *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Tom 1. Statystyki podstawowe, StatSoft, Kraków 2006, s. 23.

362 S.M. Kot, J. Jakubowski, A. Sokołowski, *Statystyka*, Diffin, Wydanie II, Warszawa 2011, s. 302.

celem było określenie zależności między wybranymi zmiennymi występującymi w badanej populacji oraz oceny wpływu cech populacji, wykorzystano statystykę rang Spearmana (rho Spearmana). Jak już wspomniano, poddane analizie zmienne zostały zmierzone za pomocą skal nominalnych i porządkowych, jednak dopuszcza się zastosowanie tego rodzaju korelacji w przypadku, gdy zmienne nominalne zostaną ułożone według określonych rang w ciągu rosnącym lub malejącym, a więc zostanie przyporządkowany każdemu pomiarowi numer[363].

Za wyniki istotne statystycznie przyjęto wartości uzyskane dla poziomu istotności mniejszego od 0,05, a następnie obliczono p-wartość. To funkcja testująca statystyki, przyjmująca wartości zmiennych losowych uzależnionych od analizowanych wyników z próby. Jeśli wartość p jest mniejsza niż ustalony poziom istotności, hipoteza zerowa może zostać odrzucona, co oznacza, że wyniki są istotne statystycznie[364].

Do interpretacji wyników zastosowano tabele wielodzielcze, które zawierały rozkład badanych cech jakościowych w postaci krzyżowej tabeli. Stanowiły one podstawę interpretacji statystyk określających siłę związku między badanymi zmiennymi. Dodatkowo do prezentacji graficznej wyników badań wykorzystano histogramy i wykresy kolumnowe uwzględniające błąd standardowy.

Obliczenia statystyczne prowadzono z wykorzystaniem pakietu STATISTICA 13.3. W przeprowadzonych analizach zostało zidentyfikowane wiele związków pomiędzy zmiennymi, które różniły się pod względem siły. W dalszej części pracy prezentowane będą jedynie związki istotne statystycznie ($p < 0,05$).

Wielkość przedsiębiorstwa a wykorzystanie Teorii Ograniczeń

Ważnym aspektem prowadzonych badań jest stosowanie TO w zarządzaniu przedsiębiorstwem. W literaturze przedmiotu można spotkać się z opiniami, że koncepcja ta nie jest często wykorzystywana. Jednak jak przedstawiają wyniki badań (patrz podrozdział 6.2) w branży poligraficznej około 87 (37%) przedsiębiorstw praktycznie wykorzystuje TO, co można uznać za dość wysoki wynik. Badaniami zostały objęte małe, średnie i duże podmioty. Dlatego ciekawym zagadnieniem jest zbadanie czy istnieje zależność pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa, a wykorzystywaniem w zarządzaniu nim TO. Badanie związku rozpoczęto od pogrupowania odpowiedzi respondentów z pytania pierwszego kwestionariusza ankiety na dwie grupy, takie jak *nie wykorzystujemy* i *wykorzystujemy*. W celu zbadania różnic w kształcie rozkładów dla przedsiębiorstw małych, średnich i dużych wykonano test niezależności $\chi 2$ (chi-kwadrat), a następnie określono

[363] A. Stanisz, *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem…*, op. cit., s. 293.

[364] N.J. Gogtay, U.M. Thatte, *Principles of Correlation Analysis*, „Journal of The Association of Physicians of India" 2017, vol. 65, s. 78.

poziom zależności pomiędzy zmiennymi obliczając wartość współczynnika V Cramera. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 6.12 i 6.13.

Tabela 6.12. Wyniki testu chi-kwadrat dla zmiennych dotyczących wielkości przedsiębiorstwa i wykorzystanie TO.

WIELKOŚĆ PRZEDSIĘBIORSTWA A WYKORZYSTANIE TEORII OGRANICZEŃ W ZARZĄDZANIU NIM			
STATYSTYKA		df	*p-wartość*
Chi^2 Pearsona	8,97	2	0,011
V Cramera	0,20	—	—

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Tabela 6.13. Wykorzystywanie Teorii Ograniczeń w zarządzaniu przedsiębiorstwem a wielkość przedsiębiorstwa

WIELKOŚĆ PRZEDSIĘBIORSTWA	Czy wykorzystują Państwo Teorię Ograniczeń w zarządzaniu przedsiębiorstwem?	
	nie	**tak**
małe	70%	30%
średnie	51%	49%
duże	47%	53%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analiza wykazała różnice w kształcie rozkładów w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. Wykonany test chi-kwadrat okazał się istotny statystycznie, $\chi 2(2) = 8,97$; $p = 0,011$. Siła zależności pomiędzy zmiennymi mierzona współczynnikiem V Cramera wynosi 0,20 co oznacza, że im większe było przedsiębiorstwo, tym częściej notowano wykorzystanie TO. Obliczoną siłę zależności należy zinterpretować jako słabą. Biorąc pod uwagę strukturę udzielanych odpowiedzi zauważalne jest, że 70% małych podmiotów nie wykorzystuje TO. W średnich i dużych przedsiębiorstwach udzielane odpowiedzi są na podobnym poziomie. W przypadku grupy wykorzystującej TO w małych, średnich i dużych podmiotach udział odpowiedzi zwiększa się i wynosi kolejno 30% 49% i 53%. Duże przedsiębiorstwa obecnie chętniej stosują TO. Może to wynikać z ich większej wiedzy i potencjału, które pozwalają im skorzystać z wsparcia konsultantów. Ponadto, duże przedsiębiorstwa często mają bardziej złożone powiązania pomiędzy procesami oraz obsługują większą liczbę procesów w ramach swojej działalności. Dlatego podejście oparte na TO może być przez nie postrzegane jako bardziej potrzebne i przydatne.

Wykorzystanie Teorii Ograniczeń a zmiana wskaźników operacyjnych

Przedsiębiorstwa podejmują wiele działań mających na celu poprawę swoich wyników, w tym wdrażają różnorodne koncepcje zarządzania. Takie podejście pozwala na stworzenie odpowiedniego środowiska biznesowego, sprzyjającego efektywności działania podmiotu oraz zapewniającego lepszą adaptację do zmieniających się warunków rynkowych. Jednakże, aby móc ocenić skuteczność TO, warto zbadać, czy istnieją różnice pomiędzy grupami stosującymi i niestosującymi owej koncepcji, a oceną wskaźników operacyjnych przedsiębiorstwa, takich jak koszt wytworzenia, terminowość zleceń, czas realizacji zamówienia, poziom zapasów oraz czas cyklu produkcyjnego w ostatnich trzech latach. Działanie to poprzedzono wyznaczeniem podstawowych statystyk opisowych zmiennych porządkowych (wskaźników operacyjnych). Następnie przeprowadzono test Kołmogorowa-Smirnowa w celu sprawdzenia normalności badanych rozkładów. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 6.14.

Tabela 6.14. Podstawowe statystyki opisowe badanych zmiennych porządkowych (wskaźników operacyjnych)

WSKAŹNIK OPERACYJNY	PODSTAWOWE STATYSTYKI OPISOWE								
	M	Me	SD	Sk.	Kurt.	Min.	Maks.	D	*p-wartość*
Koszt jednostkowy wyrobu	2,52	2	1,04	0,33	-0,66	1	5	0,24	<0,001
Terminowość zleceń	3,30	3	0,85	0,21	0,06	1	5	0,29	<0,001
Czas realizacji zamówienia	3,35	3	0,86	-0,05	0,18	1	5	0,26	<0,001
Poziom zapasów	3	3	0,80	-0,05	0,77	1	5	0,29	<0,001
Czas cyklu produkcyjnego	3,25	3	0,70	0,14	0,74	1	5	0,33	<0,001

Wyjaśnienie: M – średnia; Me – mediana; SD – odchylenie standardowe; Sk. – skośność; Kurt. – kurtoza; Min i Maks. – najniższa i najwyższa wartość rozkładu; D – wynik testu Kołmogorowa-Smirnowa; p – istotność

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Jak można zauważyć w tabeli 6.14 w przypadku wszystkich zmiennych odnotowano rozkłady odmienne od rozkładu normalnego, ponieważ wartość $p < 0,05$. Dlatego, w tym przypadku zastosowano testy nieparametryczne, które nie wymagają spełnienia założeń dotyczących normalności rozkładu danych. Ze względu na zmienne mierzalne na skali porządkowej i pięć poziomów badanej zmiennej wykorzystano nieparametryczny test *U* Manna-Whitney'a dla dwóch prób niezależnych. Analizę rozszerzono o obliczenie siły efektu pomiędzy badanymi zmiennymi przy wykorzystaniu współczynnika *r* (wyznaczony ze wzoru 12). Porównywane dwie grupy charakteryzują się silną nierównolicznością, ponieważ

150 respondentów odpowiedziało, że nie wykorzystuje TO, a 87 podmiotów wykorzystuje TO. Wartości otrzymanych wyników przedstawiono w tabeli 6.15.

Tabela 6.15. Wykorzystanie Teorii Ograniczeń w zarządzaniu przedsiębiorstwem a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Stosowanie Teorii Ograniczeń*							
	nie (n=150)				*tak (n=87)*			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*p*	*r*
Terminowość zleceń	3,17	0,85	3,53	0,80	4966,0	-3,34	0,001	0,22
Czas realizacji zamówienia	3,15	0,86	3,68	0,77	4321,5	-4,67	<0,001	0,30
Czas cyklu produkcyjnego	3,13	0,72	3,46	0,61	4949,5	-3,53	<0,001	0,23

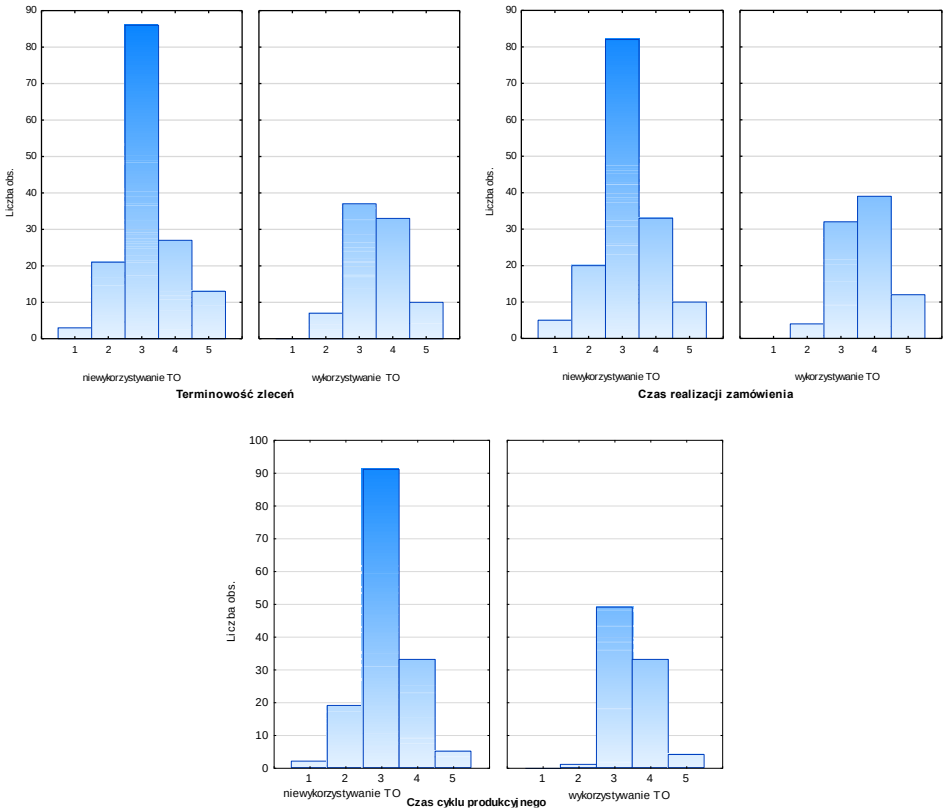
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując dane zawarte w tabeli 6.16 można zauważyć, że istotny związek statystyczny ($p < 0,05$) pomiędzy grupami wystąpił w przypadku trzech par zmiennych. Większą poprawę w zakresie terminowości zleceń, czasu realizacji zamówienia oraz czasu cyklu produkcyjnego odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, w których wykorzystywano TO w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Siła efektu wskaźnika operacyjnego dotyczącego czasu realizacji zamówień, mierzona współczynnikiem *r* była umiarkowanie duża. Dwa pozostałe wskaźniki cechowały się niską siłą. TO koncentruje się na identyfikacji i eliminacji ograniczeń, co prowadzi do zrównoważenia przepływu produkcyjnego. Dlatego przedsiębiorstwa, które wykorzystują TO, mogą skuteczniej zarządzać czasem realizacji zamówień, minimalizując opóźnienia i przestoje w produkcji. Poprzez wyeliminowanie wąskich gardeł, TO umożliwia efektywne wykorzystanie zasobów, co może prowadzić do skrócenia czasu cyklu produkcyjnego. Przedsiębiorstwa mogą wówczas szybciej reagować na zamówienia klientów i skrócić czas dostarczenia produktów na rynek.

Istnienie zależności w dwóch badanych grupach respondentów umożliwiło konfirmację hipotezy badawczej, która zakłada, że **wykorzystanie Teorii Ograniczeń w organizacji przepływu produkcji poligraficznej wpływa korzystnie na skrócenie czasu realizacji zamówień, skrócenie czasu cyklu produkcyjnego oraz poprawę terminowości zleceń.**

Rysunek 6.13 w graficzny sposób prezentuje liczbę wskazań zmiennej zmiana wskaźników operacyjnych w dwóch analizowanych grupach, takich jak przedsiębiorstwa wykorzystujące TO i niewykorzystujące TO. Analizując dane w grupie podmiotów stosujących koncepcję TO można zauważyć, że wskaźnik operacyjny:

– *terminowość zleceń* przez około 40% respondentów został oceniony na poziomie *bez zmian*, natomiast łącznie około 50% podmiotów wskazało na *niewielką* lub *znaczną poprawę*,
– *czas realizacji zamówienia* został oceniony na poziomie *bez zmian* przez 37% podmiotów, zaś łącznie 59% respondentów wskazało na *niewielką* lub *znaczną poprawę*,
– *czas cyklu produkcyjnego* przez 56% podmiotów został oceniony na poziomie *bez zmian*, natomiast 43% respondentów wskazało na *niewielką* lub *znaczną poprawę*.



Rysunek 6.13. Histogramy przedstawiające liczbę obserwacji trzech wskaźników operacyjnych w grupie respondentów wykorzystujących i niewykorzystujących TO

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Warto zauważyć, że żaden podmiot z tej grupy nie ocenił analizowanych wskaźników na poziomie *znaczne pogorszenie*, a tylko niewielka część (1-8%) wskazała na *niewielkie pogorszenie*.

W grupie podmiotów niewykorzystujących TO można zauważyć, że w przypadku analizowanych wskaźników operacyjnych znaczny udział ocen (około 60%) respondentów jest na poziomie *bez zmian*. Natomiast w porównaniu do poprzedniej grupy, większa część podmiotów (18-20%) wskazała na *niewielkie* lub *znaczne pogorszenie*. Podmioty niewykorzystujące TO mogą nie być świadome swoich rzeczywistych ograniczeń i nieefektywności w swoich procesach. Brak identyfikacji i eliminacji wąskich gardeł, nieoptymalnego przepływu produkcyjnego lub marnotrawstwa może prowadzić do utrudnionego realizowania zamówień, opóźnień i wydłużenia czasu cyklu produkcyjnego. Podsumowując należy stwierdzić, że wykorzystywanie koncepcji TO do zarządzania przedsiębiorstwem poligraficznym umiarkowanie, bądź słabo, wpływa na poprawę wskaźników operacyjnych.

Działania usprawniające przepływ procesów w przedsiębiorstwach a zmiana wskaźników operacyjnych

Ważnym zagadnieniem prowadzonych badań są podejmowane przez przedsiębiorstwa rozwiązania w celu poprawy przepływu produkcyjnego. W kolejnym kroku zbadano czy odmienny jest poziom zmiany wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach w zależności od podejmowanych przez przedsiębiorstwa działań usprawniających przepływ procesów. Przyjmując założenia z poprzedniego badania różnic pomiędzy grupami, wykonano nieparametryczny test *U* Manna-Whitney'a, a w celu zbadania siły efektu badanych zmiennych wykorzystano współczynnik *r*. W badaniu porównywano dwie grupy: grupę stosującą omawiane działanie usprawniające oraz grupę, która nie stosowała tego działania.

Pierwszym działaniem usprawniającym wziętym do analizy jest skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces. Sprawdzono czy istnieją różnice pomiędzy grupami a oceną wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 6.16.

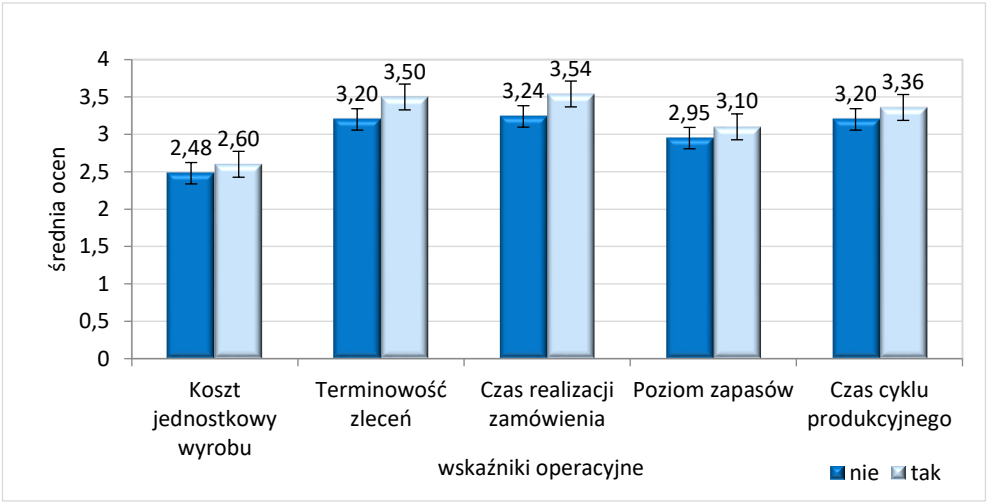
Tabela 6.16. Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces*							
	nie (n=153)				*tak (n=84)*			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*p*	*r*
Terminowość zleceń	3,20	0,83	3,50	0,86	5305,0	-2,42	0,015	0,16

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Badanie wykazało, że istnieje tylko jedna różnica istotna statystycznie ($p < 0,05$). Większą poprawę w zakresie terminowości zleceń odnotowano

w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania w zakresie skrócenia czasu przejścia wyrobu przez proces. Może to wynikać ze zmniejszenia ryzyka opóźnień i przestojów w produkcji, co przyczynia się do szybszego dostarczenia produktów klientom zgodnie z ustalonym harmonogramem. Siła efektu pomiędzy badanymi zmiennymi wyniosła 0,16 co należy zinterpretować jako niską. Wyniki w formie graficznej zaprezentowano na rysunku 6.14. Kolorem jasnoniebieskim oznaczono grupę respondentów, która nie stosowała skrócenia czasu przezbrojenia w celu poprawy przepływu procesów, natomiast kolorem niebieskim oznaczono grupę przeciwną – stosującą analizowane działanie usprawniające. W dalszej części badania utrzymano te same założenia.



Rysunek 6.14. Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując przedstawione dane należy zauważyć, że średnia ocen w grupie respondentów wykorzystujących skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces w celu usprawnienia przepływu jest wyższa od grupy podmiotów, które nie podejmują tego działania. Błąd standardowy średniej nie jest duży, co oznacza, że uzyskany wynik jest zbliżony do średniej całej populacji.

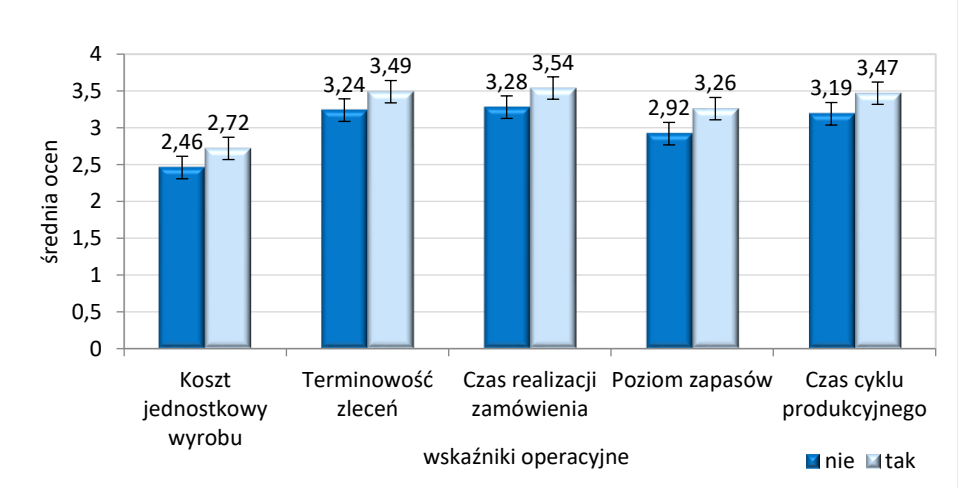
Kolejne działanie usprawniające przepływ procesów jakie respondenci mieli do wyboru to skrócenie czasu przezbrojenia maszyn. Otrzymane wartości zastosowanego testu, a także siły efektu przedstawiono w tabeli 6.17. Wyniki wskazują na trzy różnice istotne statystycznie.

Tabela 6.17. Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn*							
	nie (n=180)		*tak (n=57)*					
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*p*	*r*
Czas realizacji zamówienia	3,28	0,83	3,54	0,95	4267,0	-2,06	0,039	0,13
Poziom zapasów	2,92	0,74	3,26	0,92	4123,0	-2,51	0,012	0,16
Czas cyklu produkcyjnego	3,18	0,64	3,47	0,83	4026,0	-2,79	0,005	0,18

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Większą poprawę w zakresie czasu realizacji zamówień, poziomu zapasów oraz czasu cyklu produkcyjnego odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania w zakresie skrócenia czasu przezbrojenia maszyn. Skrócenie czasu potrzebnego na zmianę narzędzi, ustawienia i przygotowanie maszyn do produkcji kolejnego wyrobu stwarza możliwość płynnego przejścia między różnymi zleceniami, co znacząco zwiększa elastyczność produkcji. Redukcja czasu przezbrojeń korzystnie wpływa na przepływ produkcyjny, eliminując opóźnienia i zapewniając sprawną kontynuację procesu. Dzięki temu, zapasy produkcji w toku mogą być utrzymywane na optymalnym poziomie, a czas cyklu produkcyjnego zostaje skrócony. Siła odnotowanych efektów była niska. Wyniki w formie graficznej zaprezentowano na rysunku 6.15.



Rysunek 6.15. Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując powyższe dane można stwierdzić, że grupa respondentów, która stosuje skrócenie czasu przezbrojenia maszyn w celu poprawy przepływu produkcji, osiągnęła wyższą średnią z ocen niż grupa, która nie stosuje takiego działania. Ponadto, błąd standardowy średniej jest niewielki, co sugeruje, że wynik uzyskany z próby jest dokładny i zbliżony do średniej całej populacji.

W przypadku działania dotyczącego eliminacji/skrócenia czasu innych strat produkcyjnych, takich jak awarie, przestoje, wadliwość wyrobu itd., nie odnotowano żadnych różnic istotnych statystycznie. Jednym z możliwych wyjaśnień jest niewystarczająca liczba obserwacji w jednej z grup. Tylko 4 respondentów na 237 podmiotów, które wzięło udział w badaniu wskazało na stosowanie tego rodzaju usprawnień przepływu procesów.

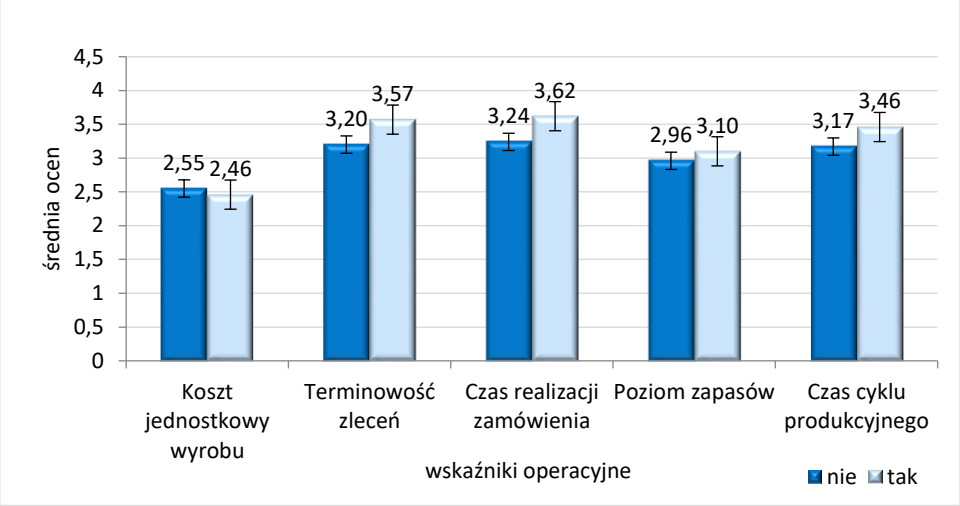
Kolejne działanie to elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami. Otrzymane wartości przeprowadzonego testu wraz z siłą efektu przedstawiono w tabeli 6.18.

Tabela 6.18. Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami* *nie (n=169)*							*tak (n=68)*
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*p*	*r*
Terminowość zleceń	3,20	0,78	3,57	0,95	4649,5	-2,50	0,012	0,16
Czas realizacji zamówienia	3,24	0,81	3,62	0,93	4526,0	-2,76	0,006	0,18
Czas cyklu produkcyjnego	3,17	0,64	3,46	0,80	4764,0	-2,34	0,019	0,15

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

W wyniku przeprowadzonego testu okazuje się, że dwie porównywane grupy różnią się między sobą istotnie statystycznie w zakresie trzech par zmiennych. Większą poprawę w zakresie terminowości zleceń, czasu realizacji zamówienia oraz czasu cyklu produkcyjnego odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, które stosują elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami. Podejmowanie tego działania umożliwia dostosowanie siły roboczej do zmieniających się potrzeb produkcji, co minimalizuje ryzyko niedoboru pracowników na konkretnych stanowiskach i zapewnia ciągłość procesu produkcyjnego. Siła odnotowanych efektów była niska. Wyniki w formie graficznej zaprezentowano na rysunku 6.16.



Rysunek 6.16. Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując dane zawarte na rysunku 6.16 można zauważyć, że oceny zmiennych, w których odnotowano różnice istotne statystycznie są wyższe w przypadku grupy stosującej elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami. Dodatkowo, mały błąd standardowy średniej wskazuje na to, że wynik uzyskany z próby jest precyzyjny i bliski średniej całej populacji.

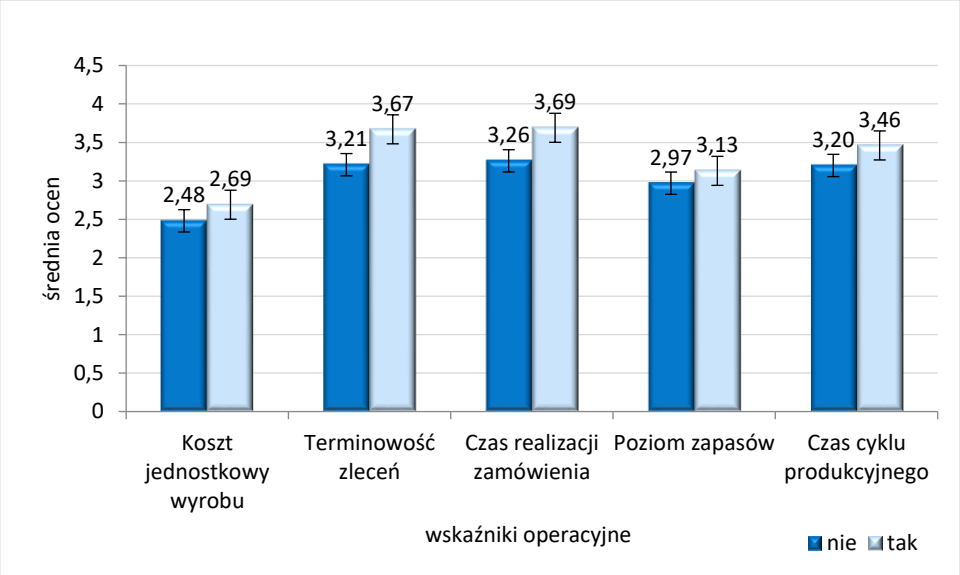
Następne działanie usprawniające, zaproponowane jako możliwa odpowiedź respondentów, to zmiana organizacji pracy, na przykład uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej. Dane zawarte w tabeli 6.19 prezentują otrzymane wartości przeprowadzonych obliczeń.

Tabela 6.19. Zmiana organizacji pracy a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Zmiana organizacji pracy*							
	nie (n=189)				*tak (n=48)*			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*P*	*r*
Terminowość zleceń	3,21	0,80	3,67	0,95	3392,0	-2,94	0,003	0,19
Czas realizacji zamówienia	3,26	0,83	3,69	0,90	3391,0	-2,91	0,004	0,19
Czas cyklu produkcyjnego	3,20	0,69	3,46	0,71	3758,0	-2,09	0,037	0,14

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Badanie wykazało, że istnieją trzy różnice istotne statystycznie, a są to: terminowość zleceń, czas realizacji zamówienia i czas cyklu produkcyjnego. Oznacza to, że większą poprawę w zakresie wymienionych wskaźników operacyjnych odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania związane ze zmianą organizacji pracy. Takie działania przyczyniają się do zwiększenia dostępności zasobów ludzkich, umożliwiając ciągłą pracę i wydajniejsze wykorzystanie infrastruktury produkcyjnej. Siła efektu zmierzona przy wykorzystaniu współczynnika *r* była jednak niska. Wyniki średnich ocen wskaźników operacyjnych w zależności od badanej grupy przedstawiono na rysunku 6.17.



Rysunek 6.17. Zmiana organizacji pracy, na przykład uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Dane przedstawione na rysunku 6.17 potwierdzają, że średnia ocen wskaźników operacyjnych w grupie przedsiębiorstw stosujących omawiane działanie usprawniające przepływ procesów jest wyższa. W przypadku zmiennych istotnych statystycznie błąd standardowy jest mały.

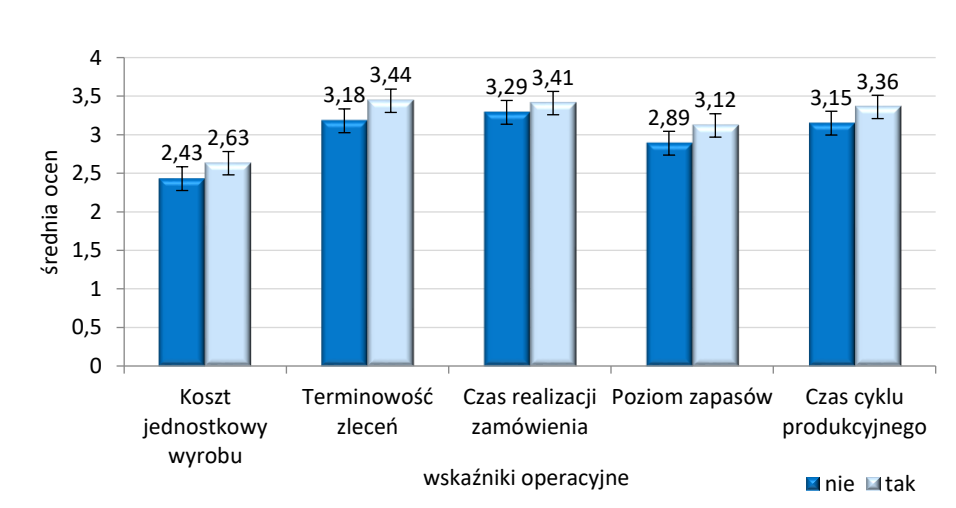
Inną możliwością usprawnienia przepływu procesów jest zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 6.20.

Tabela 6.20. Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych* *nie (n=124)*							*tak (n=113)*
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*P*	*r*
Terminowość zleceń	3,18	0,77	3,44	0,92	5809,0	-2,47	0,013	0,16
Poziom zapasów	2,89	0,78	3,12	0,80	6041,5	-2,05	0,039	0,13
Czas cyklu produkcyjnego	3,15	0,66	3,36	0,72	5894,5	-2,40	0,016	0,16

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Wyniki przeprowadzonego testu wskazują na trzy istotne statystycznie różnice. Większą poprawę w zakresie terminowości zleceń, poziomu zapasów oraz czasu cyklu produkcyjnego odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania w zakresie zakupu maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych (rysunek 6.18). Przyczyną tego jest głownie zwiększona prędkość i efektywność produkcji, co korzystnie wpływa na wydajność procesu, ale i całego przepływu produkcyjnego. Otrzymane wartości współczynnika *r* w przypadku każdej zmiennej wskazują na mały efekt. Błąd standardowy cechuje się niewielką wartością, co sugeruje wysoką dokładność i precyzję wyniku uzyskanego z próby w odniesieniu do średniej populacji.



Rysunek 6.18. Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

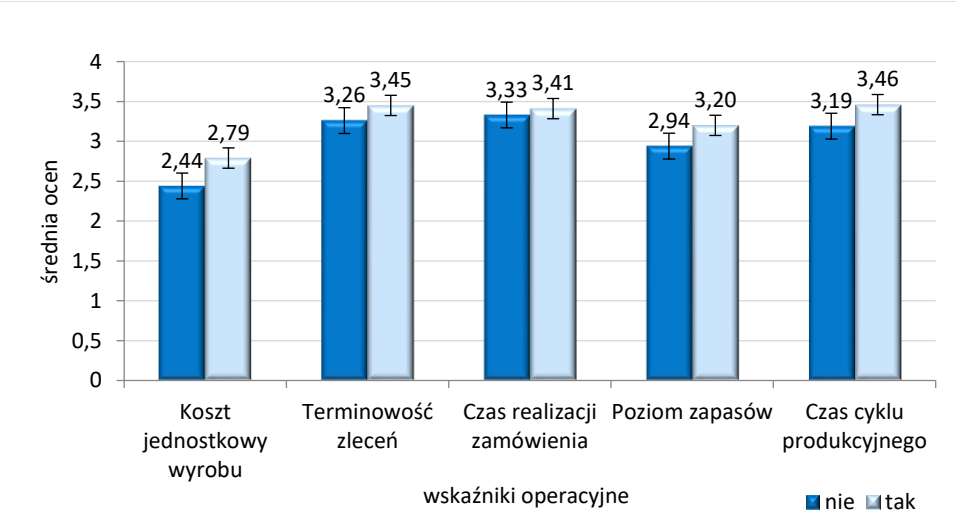
Następnym działaniem należącym do propozycji rozwiązań usprawniających przepływ procesów jest dostawienie dodatkowej maszyny do procesu. Otrzymane wartości przeprowadzonych obliczeń przedstawiono w tabeli 6.21.

Tabela 6.21. Dostawienie dodatkowej maszyny do procesu a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Dostawienie dodatkowej maszyny do procesu*							
	nie (n=181)				*tak (n=56)*			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*p*	*r*
Czas cyklu produkcyjnego	3,19	0,66	3,46	0,79	3952,0	-2,83	0,005	0,18

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Wyniki przeprowadzonego testu wskazują tylko jedną różnicę istotną statystycznie. Większą poprawę czasu cyklu produkcyjnego odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania w zakresie dostawienia dodatkowej maszyny do procesu. Może to wynikać z zwiększonej zdolności produkcyjnej i możliwości obsłużenia większej liczby zleceń jednocześnie, co skraca czas potrzebny na realizację poszczególnych etapów produkcji i przyspiesza cały cykl produkcyjny. Siła efektu pomiędzy badanymi zmiennymi wyniosła 0,18, co należy zinterpretować jako niską. Wyniki w formie graficznej przedstawiono na rysunku 6.19.



Rysunek 6.19. Dostawienie dodatkowej maszyny do procesu a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analiza przedstawionych na rysunku 6.19 danych wskazuje na poprawę badanych wskaźników operacyjnych po dostawieniu dodatkowej maszyny do procesu. Jednakże tylko w przypadku zmiennej dotyczącej czasu cyklu produkcyjnego obserwuje się istotną statystycznie różnicę między badanymi grupami, w związku z czym wprowadzone działanie może mieć wpływ na czas trwania procesów. Warto zauważyć, że błąd standardowy jest na niskim poziomie, co oznacza, że uzyskane wyniki są dokładne i reprezentatywne dla całej populacji.

Ostatnim działaniem mającym na celu usprawnienie przepływu procesów jest zlecenie części produkcji podwykonawcy. Wartości przeprowadzonych obliczeń przedstawiono w tabeli 6.22.

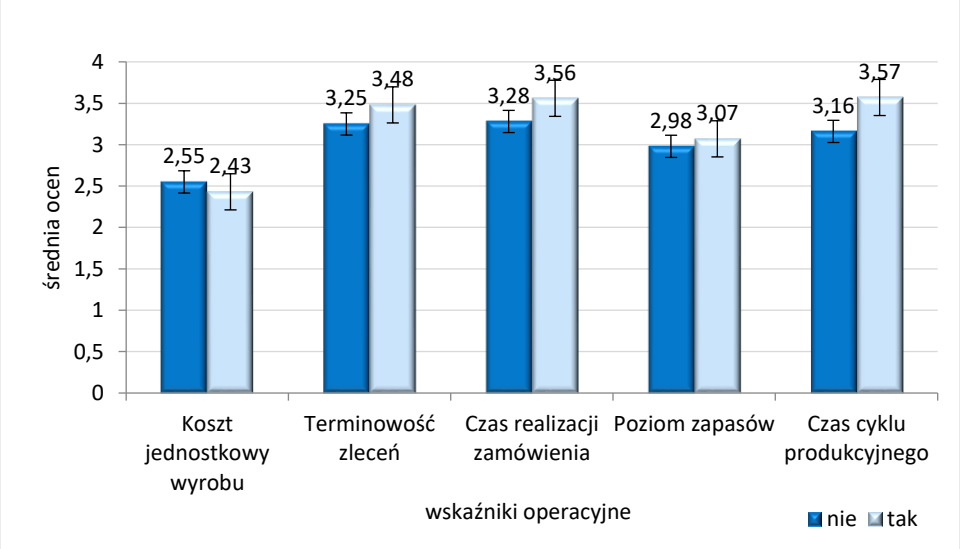
Tabela 6.22. Zlecenie części produkcji podwykonawcy a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

WSKAŹNIK OPERACYJNY	*Zlecenie części produkcji podwykonawcy*							
	nie (n=183)				*tak (n=54)*			
	M	*SD*	*M*	*SD*	*U*	*Z*	*p*	*r*
Czas realizacji zamówienia	3,28	0,82	3,56	0,96	3973,0	-2,36	0,018	0,15
Czas cyklu produkcyjnego	3,16	0,63	3,57	0,81	3322,5	-4,16	<0,001	0,27

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Jak przedstawiono w tabeli 6.22, odnotowano dwie różnice istotne statystycznie. Większą poprawę w zakresie czasu realizacji zamówień oraz czasu cyklu produkcyjnego odnotowano w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania dotyczące zlecenia części produkcji podwykonawcy (rysunek 6.20). Może to wynikać z możliwości równoczesnego przetwarzania różnych etapów produkcji przez przedsiębiorstwo i podwykonawców, co skraca czas potrzebny na wykonanie zamówień oraz przyspiesza cały proces produkcyjny. Siła pierwszego z wymienionych efektów była niska, drugiego zaś umiarkowanie duża.

Analizując dane przedstawione na rysunku 6.20 można zauważyć, że w grupie podmiotów, które w ostatnich trzech latach zleciły część produkcji podwykonawcom, wystąpiła niewielka poprawa wskaźników operacyjnych związanych z czasem realizacji zamówienia i czasem cyklu procesów. Wartości średnich ocen pozostałych wskaźników operacyjnych również wskazują na poprawę, jednakże w jednym przypadku – kosztu jednostkowego wyrobu – zastosowanie działania usprawniającego wpłynęło na niższą średnią ocenę. Należy jednak uznać, że wyniki te są przypadkowe. Błąd standardowy charakteryzuje się niewielką wartością, co oznacza, że wyniki pomiarów całej populacji są skupione blisko wartości średniej.



Rysunek 6.20. Zlecenie części produkcji podwykonawcy a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Podsumowując, otrzymane wyniki wskazują na to, że zastosowane działania usprawniające przyczyniły się do poprawy wskaźników operacyjnych, co przejawia się w wyższych średnich ocenach. Najczęściej poprawa ta dotyczyła czasu cyklu produkcyjnego. Warto zauważyć, że żadne podejmowane przez przedsiębiorstwo działanie usprawniające nie wpłynęło na zmianę kosztów jednostkowych wyrobu. W pozostałych przypadkach poprawa wskaźników operacyjnych wynikała z podejmowanych różnych działań usprawniających przepływ procesów.

Wielkość przedsiębiorstwa a jego możliwe ograniczenia

Ważną kwestią z punktu widzenia TO jak również prowadzonych badań są ograniczenia przedsiębiorstw z jakimi obecnie mają do czynienia. Dlatego interesującym zagadnieniem badawczym jest wyjaśnienie, czy istnieje związek między wielkością przedsiębiorstwa a występowaniem ograniczeń, które blokują ich rozwój. Posłużono się nieparametryczną korelacją rho Speramna ze względu na porządkowy charakter zmiennej ograniczenia, zaś zmienną wielkość przedsiębiorstwa przyjęto jako rangowalną cechę jakościową. Wartości obliczonych korelacji przedstawiono w tabeli 6.23.

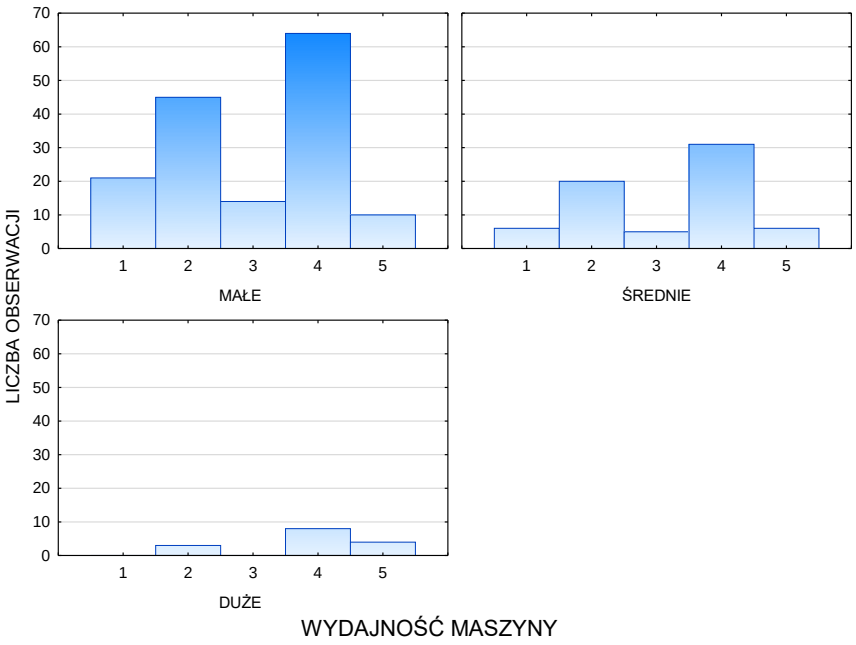
Badanie wykazało, że istnieje związek między wielkością przedsiębiorstwa (mierzoną liczbą zatrudnionych pracowników), a potencjalnymi ograniczeniami, jakie mogą wystąpić w jego funkcjonowaniu. Istotne statystycznie korelacje ($p < 0,05$) zaobserwowano tylko w przypadku jednej pary zmiennych.

Tabela 6.23. Związek pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa i jego możliwymi ograniczeniami

MOŻLIWE OGRANICZENIA	WIELKOŚĆ PRZEDSIEBIORSTWA	
	współczynnik rho Spearmana	*p*
Wydajność maszyny	0,143	0,0273

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Przeprowadzona analiza wykazała dodatnią zależność pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa, a ograniczeniem dotyczącym wydajności maszyny (0,143). Otrzymany wynik wskazuje na to, że większe przedsiębiorstwa uzyskały wyższe wyniki w ocenie braku wydajności. Można zatem wywnioskować, że problem ten występuje częściej w podmiotach o większej skali działania i liczbie zatrudnienia. Może to wynikać z tego, że większe przedsiębiorstwa posiadają bardziej zróżnicowaną i bogatszą ofertę asortymentu oraz bardziej zaawansowane procesy, co skutkuje większą złożonością i różnorodnością w produkcji. Interpretacja otrzymanej wartości wskazuje na istnienie zależności między tymi cechami, jednakże jej siła jest słaba.



Rysunek 6.21. Histogramy przedstawiające liczbę obserwacji ograniczenia dotyczącego wydajności maszyny w trzech grupach respondentów

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Występowanie zależności statystycznej potwierdza się także w obserwacjach rozkładu analizowanych cech na histogramach. Rysunek 6.21 w graficzny sposób prezentuje liczbę obserwacji w poszczególnych grupach ocen ograniczenia dotyczącego wydajności maszyny w zależności od wielkości przedsiębiorstwa.

Okazuje się, że 80% dużych podmiotów zmaga się z brakiem wydajności. Warto zwrócić uwagę, że żaden respondent z tej grupy nie wskazał odpowiedzi wykluczającej występowanie analizowanego ograniczenia. Dokonując analizy w pozostałych grupach podmiotów widać tendencję spadkową związaną z problemem wydajności maszyny. Ograniczenie to występuje u 54% średnich i 48% małych przedsiębiorstw.

Wielkość przedsiębiorstwa a bariery podczas stosowania Teorii Ograniczeń

Stosowanie TO może wiązać się z wieloma barierami z jakimi zmagają się przedsiębiorstwa. Ważnym elementem z punktu widzenia prowadzonych analiz jest zbadanie, czy wielkość przedsiębiorstwa wpływa na występowanie barier, które mogą lub pojawiają się podczas stosowania koncepcji TO. W celu obliczenia zależności posłużono się korelacją rho Spearmana ze względu na porządkowy charakter dwóch zmiennych, którym można nadać odpowiedni porządek w postaci rang. Wartości obliczonych korelacji przedstawiono w tabeli 6.24.

Badanie wykazało, że istnieje zależność pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa, a barierami występującymi podczas stosowania TO. Związek statystycznie istotny ($p < 0,05$) wystąpił w przypadku jednej pary zmiennych, takiej jak brak funduszy na wdrożenie TO (-0,245). Kierunek zależności jest przeciwny, o czym świadczy znak ujemy. Oznacza to, że mniejsze podmioty osiągały wyższe wyniki w ocenie analizowanej barier. Siłę zależności należy zinterpretować jako słabą.

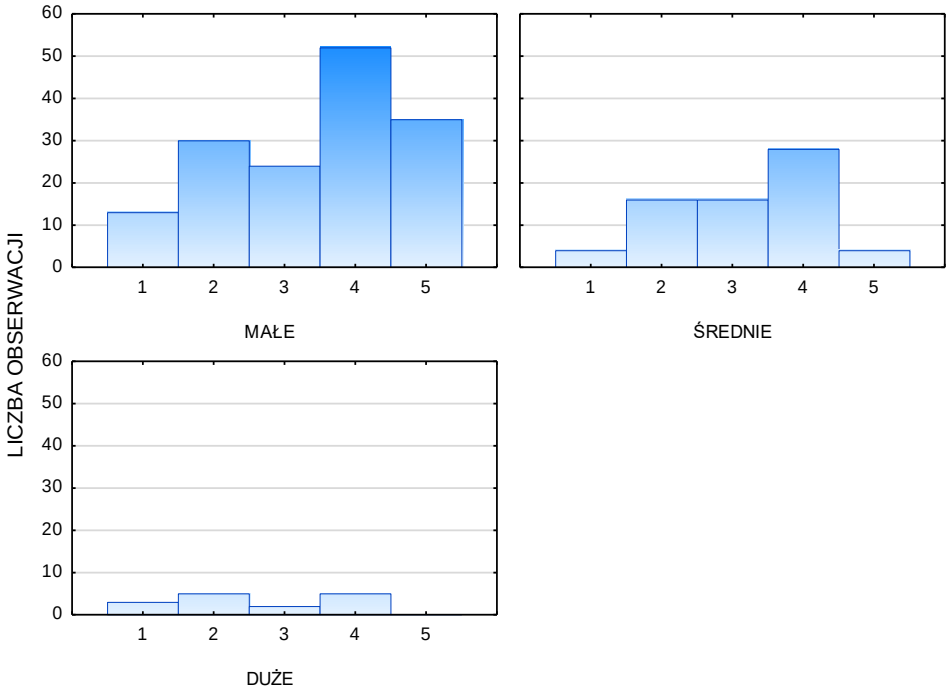
Tabela 6.24. Związek pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa i barierami

WIELKOŚĆ PRZEDSIĘBIORSTWA		
BARIERY PODCZAS STOSOWANIA TO	współczynnik rho Spearmana	*p*
Brak funduszy na wdrożenie TO	-0,245	0,0005

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizę statystycznej zależności uzupełniono o analizę rozkładu na histogramach. Rysunek 6.22 w graficzny sposób prezentuje liczbę obserwacji w poszczególnych grupach ocen analizowanej bariery w zależności od wielkości przedsiębiorstwa.

Analizując histogramy można dostrzec wyraźną różnicę pomiędzy oceną bariery braku funduszy na wdrożenie TO a wielkością przedsiębiorstwa. Około 60% respondentów reprezentujących małe podmioty wysoko oceniło analizowaną barierę. Oznacza to, że w małych podmiotach występuje, bądź może wystąpić, bariera braku funduszy na wdrożenie TO.



Rysunek 6.22. Histogramy przedstawiające liczbę obserwacji bariery związanej z brakiem funduszy na wdrożenie TO w trzech grupach respondentów

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Wysokie oceny w przypadku pierwszej bariery (rysunek 6.22) mogą być spowodowane tym, że małe przedsiębiorstwa charakteryzują się mniejszą skalą produkcji i sprzedaży, co wpływa przede wszystkim na mniejsze zyski, a także na mniejszą zdolność do konkurowania na rynku oraz mniejsze środki na inwestycje w rozwój swojego biznesu. Przeciwne proporcje wskazań można zauważyć w przypadku pozostałych grup podmiotów. 53% średnich i 67% dużych przedsiębiorstw wskazało, że bariera ta ich nie dotyczy.

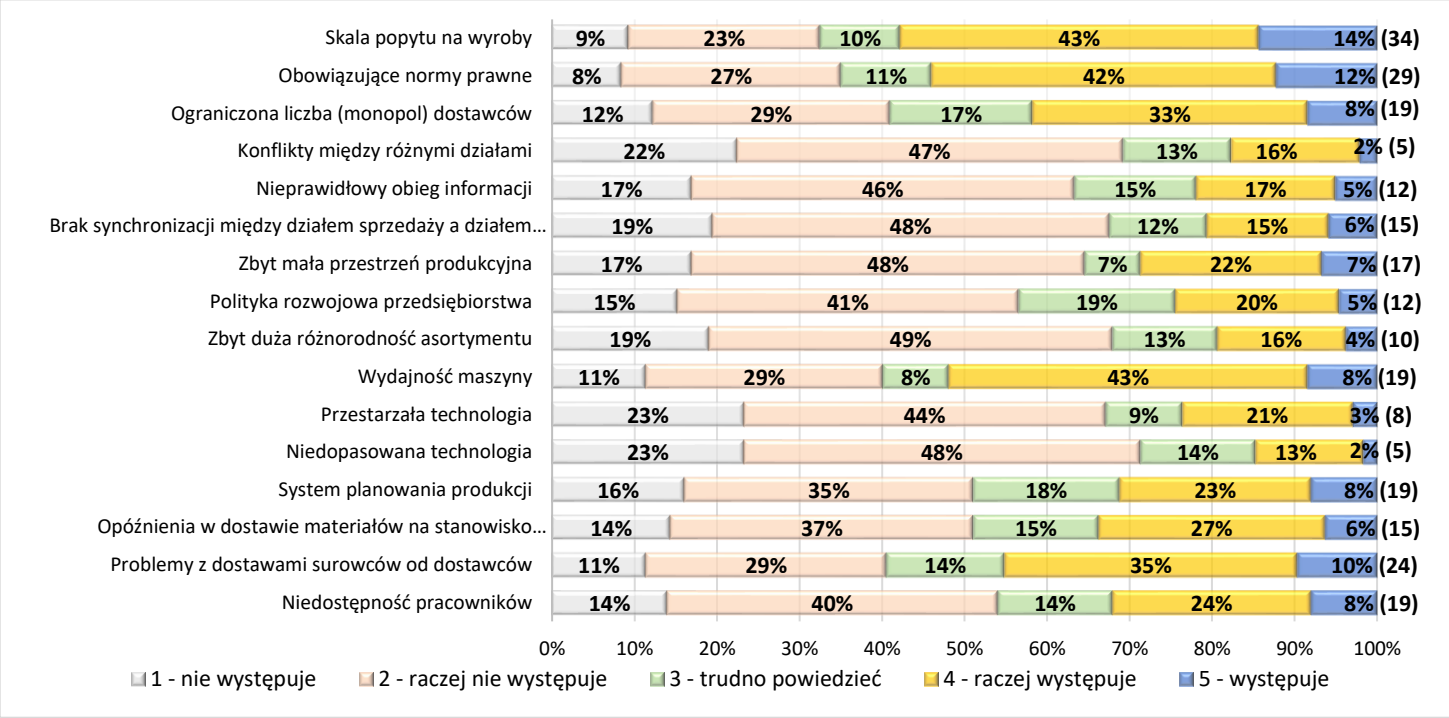
6.5. Ograniczenia w przedsiębiorstwach poligraficznych

Ograniczenie to czynnik ograniczający pełne wykorzystanie możliwości przedsiębiorstwa, występujący w jego różnych obszarach lub w otoczeniu. Ograniczenia mogą mieć charakter wewnętrzny, czyli znajdować się wewnątrz przedsiębiorstwa, lub zewnętrzny, co oznacza, że występują również poza jego obszarem.

Pytanie 3. z części I ankiety zawierało szesnaście ograniczeń, które zostały wytypowane na podstawie szerokiego przeglądu literatury, przyjmującego perspektywę nie tylko samego systemu produkcyjnego, ale całego przedsiębiorstwa oraz jego otoczenia. Dodatkowo, do opracowania listy ograniczeń wykorzystano wyniki badań jakościowych. Uzyskane odpowiedzi respondentów, pozwoliły na opracowanie systematyki ograniczeń, rozumianych jako czynniki blokujące rozwój przedsiębiorstwa w logice TO, a także pozwoliły poszerzyć wiedzę na temat przedsiębiorstw branży poligraficznej. Zbudowanie systematyki ograniczeń ma bezpośredni związek z TO, gdyż może służyć jako jedno z jej kluczowych narzędzi.

W celu opracowania systematyki ograniczeń charakterystycznych dla branży poligraficznej, respondenci mieli za zadanie ocenić każde ograniczenie z listy, wykorzystując pięciostopniową skalę Likerta, a przyjęte wartości oznaczały: 1 – *nie występuje*, 2 – *raczej nie występuje*, 3 – *trudno powiedzieć*, 4 – *raczej występuje*, 5 – *występuje*. Poproszono również o podanie innych czynników jako możliwe ograniczenia, które nie zostały uwzględnione w treści pytania, a mogą mieć znaczenie dla analizowanego zagadnienia. Uzyskane wyniki zaprezentowano na rysunku 6.23. Kolorami oznaczono poszczególne stopnie przyjętej skali Likerta wraz ze wskazaniem ich udziału procentowego.

Na podstawie uzyskanych wyników można wyróżnić trzy najważniejsze ograniczenia w badanych przedsiębiorstwach, do których należą: *skala popytu na wyroby*, *obowiązujące normy prawne* oraz *wydajność maszyny*. Wskazania jakie otrzymały te czynniki dla ocen 4 – *raczej występuje* i 5 – *występuje* przekraczają łącznie 50% odpowiedzi respondentów i wynoszą odpowiednio 57%, 54% oraz 51%. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że wszystkie wymienione w pytaniu czynniki zostały ocenione (z różnym nasileniem) na poziomie *występuje* lub *raczej występuje*, co wskazuje, że są to ograniczenia w przedsiębiorstwach poligraficznych. Własną odpowiedź wskazało 10 podmiotów uczestniczących w badaniu. Respondenci wymienili następujące czynniki jako możliwe ograniczenia przedsiębiorstwa: *jakość dostaw przesyłek kurierskich, zbyt mała przestrzeń magazynowa (materiały do produkcji i wyroby gotowe), wymagania klientów, dostępność usług kurierskich, duża liczba zmian pomiędzy kalkulacją a docelowym produktem, niekompetencje pracowników, zaangażowanie pracowników w wykonywaną pracę, opóźnienia plików od klientów, właściciel przedsiębiorstwa* oraz *duża kapitałochłonność*.



Rysunek 6.23. Ograniczenia występujące w badanych przedsiębiorstwach

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Pogłębiona analiza wyników, uwzględniająca wielkość badanych przedsiębiorstw, pozwoliła na zaobserwowanie ciekawych zależności zachodzących pomiędzy podmiotami. W tabeli 6.25 przedstawiono udział procentowy wskazań ocen 4 – *raczej występuje* i 5 – *występuje* każdego wymienionego w pytaniu ograniczenia w poszczególnych grupach respondentów.

Tabela 6.25. Wielkość przedsiębiorstwa a rodzaj potencjalnego ograniczenia

OGRANICZENIA W PRZEDSIĘBIORSTWIE	UDZIAŁ PROCENTOWY WSKAZAŃ OCEN 4 – *RACZEJ WYSTĘPUJE* ORAZ 5 – *WYSTĘPUJE* Z PRZEBADANEJ LICZBY PRZEDSIĘBIORSTW		
	MAŁE (154)	ŚREDNIE (68)	DUŻE (15)
Skala popytu na wyroby	**58%**	**57%**	**60%**
Obowiązujące normy prawne	**60%**	40%	**60%**
Ograniczona liczba (monopol) dostawców	40%	43%	**60%**
Konflikty między różnymi działami	16%	18%	33%
Nieprawidłowy obieg informacji	20%	25%	27%
Brak synchronizacji między działem sprzedaży a działem produkcji	19%	25%	20%
Zbyt mała przestrzeń produkcyjna	27%	32%	33%
Polityka rozwojowa przedsiębiorstwa	24%	29%	7%
Zbyt duża różnorodność asortymentu	19%	21%	13%
Wydajność maszyny	48%	**54%**	**80%**
Przestarzała technologia	27%	12%	40%
Niedopasowana technologia	16%	12%	20%
System planowania produkcji	32%	32%	20%
Opóźnienia w dostawie materiałów na stanowisko produkcyjne	33%	35%	33%
Problemy z dostawami surowców od dostawców	42%	**53%**	40%
Niedostępność pracowników	29%	41%	20%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Skala popytu na wyroby to najczęściej wskazywane przez respondentów ograniczenie w każdej grupie przedsiębiorstw (małe – 58%, średnie – 57%, duże – 60%). Wysoki udział wskazań może wynikać z różnych czynników, takich jak na przykład zmieniające się preferencje klientów, sezonowość (popularność wyrobów

w określonych porach roku), czy ogólne warunki rynkowe. Ponadto, wraz z rozwojem technologii i zmianami w środowisku biznesowym, klienci mają dostęp do coraz większej liczby alternatywnych rozwiązań, co zwiększa konkurencję na rynku. Dodatkowo przedsiębiorstwa mogą nie móc pozyskiwać zleceń produkcyjnych spoza branż, w których obecnie działają, co ostatecznie wpływa na ograniczenie rozwoju tych podmiotów. Warto zauważyć, że w podrozdziale 6.3 respondenci wskazali, że obecnym wąskim gardłem jest druk offsetowy. Należy jednak podkreślić, że pytanie to miało ograniczony zakres i dotyczyło tylko przepływu produkcyjnego, bez wychodzenia poza ten obszar. Ponadto, szersze spojrzenie na ograniczenia jest bezpośrednio powiązane z wąskimi gardłami, które występują w podmiotach. Skala popytu na wyroby przedsiębiorstw poligraficznych silnie zależy od wcześniej wspomnianej sezonowości. W rezultacie elastyczne dostosowywanie się przedsiębiorstw do zmian popytu jest bezpośrednio powiązane z przepływem produkcyjnym, a dokładnie z zachodzącymi w nim procesami.

W przypadku kolejnych dwóch z najczęściej wskazywanych przez respondentów odpowiedzi (*obowiązujące normy prawne* i *wydajność maszyny*) widać wyraźną różnicę pomiędzy analizowanymi grupami podmiotów. *Obowiązujące normy prawne* są ograniczeniem dla 60% małych oraz 60% dużych przedsiębiorstw i jednocześnie dla 40% średnich podmiotów. Branża poligraficzna podlega wielu regulacjom prawnym, między innymi:

- wymaganiom dotyczącym ochrony środowiska i związanym z tym kosztom – przedsiębiorstwa poligraficzne muszą przestrzegać rygorystycznych norm dotyczących emisji szkodliwych substancji, segregacji odpadów, itp. Wprowadzanie odpowiednich technologii i działań wymaga nakładów finansowych, co może być uciążliwe dla przedsiębiorców,
- wymaganiom dotyczącym ochrony praw autorskich – w branży poligraficznej często korzysta się z obrazów, fotografii, tekstów i innych elementów, które są chronione prawem autorskim. Przedsiębiorstwa muszą zapewnić, że nie naruszają praw autorskich innych osób, co może być trudne i czasochłonne,
- wymaganiom dotyczącym jakości produktów – normy prawne dotyczące jakości mogą wprowadzać dodatkowe wymagania i procedury, co zwiększa koszty i skomplikowanie procesu produkcyjnego,
- wymaganiom dotyczącym substancji chemicznych i ich mieszanin (REACH) – normy prawne regulujące obowiązki związane z rejestracją, oceną, udzielaniem zezwoleń i ograniczeniem stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych, w tym w procesie produkcji poligraficznej.

Obowiązujące normy prawne mogą zatem stanowić ograniczenie dla przedsiębiorstw ze względu na konieczność dostosowania się do ich zapisów, co może wymagać dodatkowych nakładów czasowych i finansowych. Jednym z powodów, dla których obowiązujące normy prawne mogą być w mniejszym stopniu odczuwane jako ograniczenie przez średnie przedsiębiorstwa, może być

większa elastyczność i bardziej zróżnicowane zasoby, w stosunku do małych i dużych podmiotów. Średnie przedsiębiorstwa posiadają często większe zasoby finansowe i ludzkie niż małe podmioty, co pozwala im na bardziej elastyczne dostosowanie się do wymogów prawa. Dzięki temu średnie podmioty mogą łatwiej dostosowywać swoje działania do wymagań prawnych i unikać ewentualnych konsekwencji wynikających z ich naruszenia. Natomiast w przypadku dużych przedsiębiorstw, posiadających złożoną strukturę organizacyjną i zróżnicowane zasoby, obowiązujące normy prawne mogą stanowić większe wyzwanie, ze względu na konieczność wdrażania bardziej skomplikowanych procedur i przepisów. Warto jednak wspomnieć, że zarówno małe, średnie jak i duże przedsiębiorstwa muszą przestrzegać obowiązujących przepisów i norm prawnych, ale ze względu na występowanie różnych dodatkowych czynników, mogą być postrzegane jako bardziej lub mniej uciążliwe i w różnym stopniu ograniczające.

Ograniczenie dotyczące *wydajności maszyny* zostało wskazane przez 80% dużych i 54% średnich przedsiębiorstw. W przypadku małych podmiotów blisko połowa (48%) wskazała na to ograniczenie. Różnica wskazań pomiędzy przedsiębiorstwami o różnej wielkości może wynikać z kilku czynników. Duże przedsiębiorstwa często specjalizują się w druku określonych rodzajów produktów, co może mieć związek z wyższymi wymaganiami klientów i wysoką jakością. Może to wpływać na wykonywanie większej liczby złożonych zamówień, wymagających zróżnicowanych i bardziej zaawansowanych procesów, jak również koordynacji wielu maszyn oraz pracowników. Oznacza to, że występuje większa liczba przezbrojeń maszyn, co w konsekwencji wydłuża czas postoju i oddziałuje na ich ostateczną wydajność. Pomimo posiadania większych zasobów finansowych, które pozwalają na inwestowanie w nowoczesne maszyny, wymienione czynniki mogą wpływać na wydajność procesów produkcyjnych. W porównaniu z dużymi podmiotami znacznie mniejsza część średnich przedsiębiorstw wskazała na ograniczenie dotyczące wydajności maszyny. Może być to związane przede wszystkim ze skalą produkcji. Średnie i małe podmioty z założenia wykonują mniejszą liczbę zamówień, co w konsekwencji prowadzi do mniejszego obciążenia maszyn i liczby przezbrojeń. Kolejnym czynnikiem może być specjalizowanie się w druku dla określonych branż, które nie wymagają stosowania procesów uszlachetniających wyrób (lub nie w takiej skali, jak w przypadku dużych podmiotów). Małe przedsiębiorstwa zwykle realizują mniej skomplikowane procesy produkcyjne i posiadają mniej zaawansowane maszyny. Ponadto mogą doskonalić się w produkcji innego rodzaju produktów, obsługiwać klienta o innych wymaganiach oraz działać na mniejszą skalę, co ma związek z mniejszą liczbą zamówień niż w przypadku dużych i średnich podmiotów.

Na uwagę zasługują jeszcze dwa ograniczenia. Pierwszy z nich to *problemy z dostawami surowców od dostawców.* W ocenie średnich przedsiębiorstw 53% respondentów uznało, że jest to czynnik ograniczający, ale również około 40% małych i 42% dużych podmiotów wskazało na ten problem. Możliwe, że różnice te

wynikają z bardziej złożonej struktury dostaw i większego zapotrzebowania na surowce niż wykazują to małe przedsiębiorstwa, ale jednocześnie średnie podmioty nie mają takiej siły nabywczej jak duże podmioty. Dodatkowo przedsiębiorstwa o dużej wielkości prowadzą działalność na większą skalę, co pozwala im negocjować korzystniejsze ceny i lepsze warunki dostaw surowców, a ponadto mogły mieć możliwość zabezpieczenia odpowiedniego poziomu zapasów, co daje im przewagę w stosunku do małych i średnich podmiotów. Małe przedsiębiorstwa z kolei zwykle nie mają tak dużego zapotrzebowania na surowce i mogą korzystać z mniejszych, lokalnych dostawców, co zmniejsza ryzyko kłopotów z dostawami. Należy zauważyć, że problemy z dostawami surowców są wyzwaniem dla wszystkich przedsiębiorstw (szczególnie dla średnich) w branży poligraficznej. Ważnym czynnikiem, który w okresie prowadzenia badań ankietowych wpłynął na globalne łańcuchy dostaw i utrudnił pozyskiwanie surowców wielu przedsiębiorstwom, była pandemia COVID-19.

Drugi czynnik to *ograniczona liczba (monopol) dostawców*. W grupie dużych podmiotów aż 60% respondentów wskazało na to ograniczenie. W przypadku małych i średnich przedsiębiorstw udział wskazań wyniósł odpowiednio 40% i 43%. Duże przedsiębiorstwa poligraficzne, które posiadają większe zapotrzebowanie na surowce i materiały, mogą mieć trudności w znalezieniu alternatywnych dostawców, którzy będą w stanie zaspokoić ich potrzeby. Ograniczenie to może również dotyczyć małej liczby dostawców specjalistycznych maszyn i technologii. Należy jednak zauważyć, że problem z monopolem dostawców występuje we wszystkich grupach przedsiębiorstw z różnym nasileniem.

TO zakłada, że każde przedsiębiorstwo posiada przynajmniej jedno ograniczenie, które utrudnia lub uniemożliwia osiągnięcie zamierzonych celów. Ograniczenia to czynniki, które hamują działanie systemu, procesów czy przedsiębiorstwa i uniemożliwiają osiągnięcie pełnego potencjału. Systematyka ograniczeń będzie więc pełnić rolę pewnego rodzaju instrukcji dla przedsiębiorstw poligraficznych. Narzędzie to wskaże z jakimi czynnikami ograniczającymi mierzy się analizowana branża, umożliwi lepsze zrozumienie tych ograniczeń oraz uwrażliwi przedsiębiorstwa na najważniejsze problemy, które w ich przypadku mogą wymagać rozwiązania. Systematyka ograniczeń jest ważna w kontekście TO, ponieważ pozwala na bardziej precyzyjne zidentyfikowanie ograniczeń w przedsiębiorstwie i opracowanie strategii, które umożliwią ich wyeliminowanie lub redukcję. Słownik języka polskiego interpretuje systematykę jako *podział określonych obiektów lub zjawisk na grupy według logicznych kryteriów*[365]. Systematyka ograniczeń to sposób klasyfikowania i grupowania różnych rodzajów ograniczeń, jakie mogą występować w przedsiębiorstwie. Na rysunku 6.24 przedstawiono systematykę ograniczeń dotyczących branży poligraficznej, które

[365] P. Żmigrodzki (red.), *Wielki słownik języka polskiego*, https://wsjp.pl/haslo/podglad/26974/systematyka, [dostęp: 17.02.2023].

zostały podzielone tematycznie na cztery kategorie: ograniczenia techniczne, rynkowe, społeczne oraz organizacyjne. W sumie uwzględniono 26 ograniczeń, biorąc pod uwagę zarówno ograniczenia z listy, jak i wskazania respondentów. Każda z grup zawiera od 4 do 8 pozycji. Ograniczenia zostały uporządkowane według liczby wskazań oceny 5 (rysunek 6.23) dla każdego z nich, zaczynając od najczęstszych i kończąc na najrzadszych. Taki podział umożliwia bardziej szczegółowe zidentyfikowanie i zrozumienie czynników wpływających na rozwój przedsiębiorstw poligraficznych.

Pierwsza grupa – *ograniczenia techniczne* – to bariery występujące szczególnie tam, gdzie technologia odgrywa kluczową rolę w procesie produkcji. Utrudniają one prawidłowe funkcjonowanie procesów produkcyjnych, wynikające z niedoskonałości w wykorzystywanych technologiach i urządzeniach, a także z niedostatecznej przestrzeni i infrastruktury. Mogą dotyczyć zarówno procesu produkcji, jak i systemów zarządzania, czy transportu. Ograniczenia techniczne branży poligraficznej obejmują:

1. *wydajność maszyny* – maszyny w przedsiębiorstwie nie pracują z odpowiednią prędkością lub efektywnością, co skutkuje między innymi niższą wydajnością i wyższymi kosztami produkcji,
2. *zbyt małą przestrzeń produkcyjną* – przedsiębiorstwo ma zbyt mało miejsca na realizację procesu produkcyjnego, co skutkuje brakiem miejsca na nowe lub dodatkowe maszyny, a także prowadzi do utrudnień w pracy,
3. *opóźnienia w dostawie materiałów na stanowisko produkcyjne* – przedsiębiorstwo ma problemy z terminowością dostaw surowców, co może prowadzić między innymi do opóźnień w realizacji zamówień,
4. *zbyt dużą różnorodność asortymentu* – przedsiębiorstwo wytwarza zbyt dużo różnych produktów, co może prowadzić do problemów w organizacji produkcji, a także utrudnia utrzymanie ich stałej jakości,
5. *przestarzałą technologię* – przedsiębiorstwo korzysta z technologii, która nie jest nowoczesna i nie dostarcza takiej samej jakości lub efektywności jak nowsze rozwiązania, co może utrudniać uzyskanie oczekiwanych wyników oraz wydłużać czas produkcji,
6. *niedopasowaną technologię* – przedsiębiorstwo korzysta z technologii, która nie jest odpowiednia do jego potrzeb lub nie jest zgodna ze specyfiką produkcji, co wpływa na nieefektywność i opóźnienia w realizacji zleceń produkcyjnych,
7. *jakość podwykonawstwa usług logistycznych* – przedsiębiorstwo ma problemy z jakością usług kurierskich, które mogą obejmować opóźnienia w dostawie, uszkodzenia lub zgubienie przesyłek, bądź też brak elastyczności w dostawie, co wpływa na terminowość realizacji zleceń oraz utratę klientów,
8. *brak wystarczającej przestrzeni magazynowej dla materiałów potrzebnych do produkcji oraz gotowych wyrobów* – przedsiębiorstwo ma zbyt mało miejsca na magazynowanie surowców i wyrobów gotowych, co może skutkować trudnościami w zarządzaniu magazynem.

Rysunek 6.24. Systematyka ograniczeń branży poligraficznej

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Druga grupa – *ograniczenia rynkowe* – to bariery, które wynikają z warunków panujących na rynku (czynników zewnętrznych). Utrudniają prawidłowe funkcjonowanie przedsiębiorstwa z powodu zróżnicowania popytu na wyroby, norm prawnych, dostępności usług logistycznych, wymagań klientów oraz liczby dostawców na rynku. Mogą one dotyczyć różnych aspektów działalności przedsiębiorstwa, takich jak produkcja, dystrybucja, czy sprzedaż. Ograniczenia rynkowe często wymuszają na przedsiębiorstwach dostosowanie się do nowych warunków. Należą do nich:

1. *skala popytu na wyroby* – liczba zamówień od klientów jest zbyt mała w stosunku do wielkości produkcji i zdolności przedsiębiorstwa do ich zaspokojenia,
2. *obowiązujące normy prawne* – przedsiębiorstwa poligraficzne podlegają wielu przepisom i uregulowaniom, mogą one dotyczyć różnych aspektów działalności przedsiębiorstwa, takich jak jakość produktów, bezpieczeństwo pracy lub ochrona środowiska,
3. *ograniczona liczba (monopol) dostawców* – przedsiębiorstwo jest zależne od małej liczby dostawców surowców lub maszyn, co może prowadzić do wzrostu cen i opóźnień,
4. *wymagania klientów* – specyfikacje, jakość i terminy dostaw produktów mogą być trudne do spełnienia, co może prowadzić do utraty klientów,
5. *dostępność usług logistycznych* – dostawy produktów mogą być opóźnione lub niepewne z powodu problemów z przedsiębiorstwami kurierskimi,
6. *duża liczba zmian pomiędzy kalkulacją a docelowym produktem* – ciągłe zmiany w projekcie produktu mogą prowadzić do opóźnień i zwiększonych kosztów.

Kolejna grupa – *ograniczenia społeczne* – to bariery związane z pracownikami lub zespołem pracowniczym, które mogą utrudniać pracę i prowadzić do nieprawidłowości w funkcjonowaniu organizacji. Ograniczenia te są zwykle związane z relacjami międzyludzkimi, zaangażowaniem pracowników w pracę oraz ich kompetencjami. Ograniczenia społeczne branży poligraficznej to:

1. *niedostępność pracowników* – brak wystarczającej liczby pracowników do wykonywania określonych zadań,
2. *konflikty między różnymi działami* – nieprawidłowa komunikacja i brak współpracy pomiędzy poszczególnymi działami w przedsiębiorstwie, co może prowadzić do trudności w ich koordynacji, wielu błędów i opóźnień,
3. *niekompetencje pracowników* – brak odpowiednich umiejętności lub wiedzy pracowników do wykonywania określonych zadań,
4. *zaangażowanie pracowników w wykonywaną pracę* – niski poziom motywacji pracowników do wykonywania swoich obowiązków.

Ostatnia grupa – *ograniczenia organizacyjne* – to bariery, które powstają w wyniku problemów w zarządzaniu przedsiębiorstwem lub z powodu

nieprawidłowego funkcjonowania jego struktur organizacyjnych. Utrudniają prawidłowe funkcjonowanie jednostki wynikające z niedoskonałości działania wewnętrznych procesów. Mogą one dotyczyć takich aspektów, jak na przykład planowanie, koordynacja i kontrola działań. Ograniczenia organizacyjne branży poligraficznej to:

1. *problemy z dostawami surowców od dostawców* – trudności w pozyskiwaniu potrzebnych materiałów do produkcji lub zapewniających odpowiednią jakość, co może prowadzić do opóźnień w produkcji, braku możliwości realizacji zamówień lub niedoborów surowców wykorzystywanych do produkcji,
2. *system planowania produkcji* – brak skutecznego planowania i koordynacji procesów produkcyjnych, czego skutkiem mogą być problemy z niedoborem lub nadmiarem produktów,
3. *brak synchronizacji między działem produkcji a działem sprzedaży* – dotyczy braku spójności między planowaniem produkcji a planowaniem sprzedaży, co wpływa na trudność z dostosowaniem planu produkcji do aktualnego popytu na produkty,
4. *polityka rozwojowa przedsiębiorstwa* – ograniczone możliwości rozwoju przedsiębiorstwa ze względu na niewłaściwą strategię biznesową lub jej brak, co może prowadzić do utrudnienia w osiągnięciu zamierzonych celów biznesowych,
5. *nieprawidłowy obieg informacji* – dotyczy braku właściwego przepływu informacji pomiędzy różnymi działami przedsiębiorstwa, co może prowadzić do błędów w produkcji lub podejmowania nieprawidłowych lub spóźnionych decyzji,
6. *opóźnienia plików od klientów* – dotyczą opóźnień w dostarczeniu od klientów dokumentacji lub innych materiałów niezbędnych do rozpoczęcia wykonania zlecenia, co może prowadzić do przestojów w produkcji oraz problemów z dotrzymaniem terminów realizacji zlecenia,
7. *właściciel przedsiębiorstwa* – ma kluczowy wpływ na decyzje dotyczące funkcjonowania i rozwoju przedsiębiorstwa, ponieważ kieruje preferencjami, wizją, celami i polityką przedsiębiorstwa, jednakże ograniczenie ze strony właściciela polega na oczekiwaniu szybkich i wysokich zysków przy jednoczesnym braku chęci zainwestowania w przedsiębiorstwo odpowiednich nakładów finansowych,
8. *duża kapitałochłonność* – dotyczy kosztów związanych z prowadzeniem przedsiębiorstwa, oznacza, że produkcja wymaga znaczących nakładów finansowych, zwłaszcza w zakresie zakupu i utrzymania specjalistycznych maszyn, materiałów eksploatacyjnych oraz wykwalifikowanych pracowników.

W działalności produkcyjnej branży poligraficznej można wyróżnić wiele czynników, które ograniczają jej rozwój. Opracowana systematyka ograniczeń umożliwia identyfikację i rozwiązywanie różnych rodzajów problemów, które wpływają na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Właściwie zidentyfikowane

ograniczenia pomagają przedsiębiorstwu skoncentrować działania na najważniejszych aspektach, a tym samym szybciej osiągnąć zamierzone cele. Opracowane narzędzie może pomóc przedsiębiorstwu w uświadomieniu sobie, jakie elementy wewnętrzne i zewnętrzne mogą utrudniać jego działalność i jakie działania należy podjąć, aby je wyeliminować lub zminimalizować ich wpływ. Ważne jest, aby przedsiębiorstwa poligraficzne nie traktowały systematyki ograniczeń jako zestawu sztywnych zasad, ale jako narzędzie do identyfikacji i rozwiązywania problemów. Systematyka ta powinna być traktowana jako dynamiczny proces, który wymaga ciągłej aktualizacji i dopasowania do zmieniających się warunków na rynku oraz wewnętrznych procesów w organizacji. Dlatego też, wdrażając TO, przedsiębiorstwa poligraficzne powinny stosować podejście oparte na ciągłym doskonaleniu, w ramach którego systematycznie identyfikują i usuwają ograniczenia, poprawiając tym samym swoją wydajność i efektywność.

Podsumowanie

Identyfikacja ograniczeń jest niezwykle istotnym krokiem w TO, która skupia się na rozpoznawaniu kluczowych czynników ograniczających system. Poprzez dokładne określenie tych ograniczeń, przedsiębiorstwa są w stanie skierować swoje wysiłki na eliminację lub złagodzenie tych czynników, co prowadzi do znaczącej poprawy całego systemu. Identyfikacja ograniczeń jest kluczowa dla doskonalenia procesów i osiągania doskonałości operacyjnej, umożliwiając organizacjom skuteczne działanie i podejmowanie trafnych decyzji w celu zwiększenia efektywności oraz realizacji strategicznych celów.

Sformułowany w rozprawie problem badawczy dotyczył: (1) prawidłowej identyfikacji ograniczenia w systemie produkcyjnym, charakteryzującym się dużą różnorodnością wyrobów i zróżnicowanym przepływem produkcji oraz (2) rozpoznania ograniczeń występujących w systemach produkcyjnych w branży poligraficznej w Polsce. Aby rozwiązać problem badawczy wyznaczono cel główny, którym było **opracowanie metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych typowych dla branży poligraficznej oraz rozpoznanie i usystematyzowanie ograniczeń występujących w tej branży.** Dodatkowo w rozprawie wskazano siedem szczegółowych celów badawczych, które zostały zrealizowane w kolejnych rozdziałach niniejszej pracy.

Pierwszy cel szczegółowy rozprawy, polegający na **syntezie obecnej wiedzy na temat Teorii Ograniczeń, metod identyfikacji wąskich gardeł oraz systemów produkcyjnych**, zrealizowano poprzez szerokie studia literaturowe, których wyniki przedstawiono w pierwszych trzech rozdziałach rozprawy. Usystematyzowano wiedzę dotyczącą organizacji i zarządzania produkcją, TO oraz innych koncepcji zarządzania, które mają znaczenie w doskonaleniu systemów produkcyjnych. Uporządkowano terminologię związaną z pojęciem wąskiego gardła oraz ograniczenia. Na potrzeby rozprawy opracowano autorskie interpretacje tych terminów. Dodatkowo przeprowadzono systematyzację dostępnej w literaturze wiedzy dotyczącej metod identyfikacji wąskich gardeł, co miało wpływ na osiągnięcie trzeciego celu szczegółowego, jakim było **opracowanie koncepcyjne metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej**. Szczegółowy schemat metodyki został przedstawiony w rozdziale piątym niniejszej rozprawy. Opracowane założenia stanowiły podstawę do przeprowadzenia badań empirycznych. Przeanalizowanie literatury naukowej w rozdziałach 1-3 pozwoliło na przeprowadzenie wnioskowania, które następnie zostało wykorzystane do zaplanowania procesu badawczego oraz opracowania narzędzi badawczych.

W czwartym rozdziale przeprowadzono charakterystykę branży poligraficznej. Omówiono strukturę przedsiębiorstw w zależności od ich wielkości, dokonano analizy generowanych obrotów, omówiono różne technologie produkcji oraz wpływ

branży poligraficznej na środowisko w kontekście ekologii. Przedsiębiorstwa stawiają sobie ambitne cele na nadchodzące lata, motywowane potrzebą konkurowania i rosnącymi oczekiwaniami klientów. W odpowiedzi na te wyzwania podejmują kolejne inicjatywy mające na celu poprawę swojej pozycji na rynku. Istotnym priorytetem inwestycyjnym przedsiębiorstw jest zwiększenie ogólnej efektywności prowadzonej przez nich działalności. Wykonane w pracy działania umożliwiły realizację drugiego celu badawczego, który polegał na **analizie branży poligraficznej w Polsce**.

Do realizacji czwartego celu badawczego związanego **z empiryczną weryfikacją i rozwinięciem metodyki identyfikacji ograniczeń systemu produkcyjnego poprzez pogłębione studia w wybranych przedsiębiorstwach** wykorzystano założenia rozdziału piątego i częściowo rozdziału szóstego. W rozdziale piątym opisano studia przypadków, w których praktycznie zastosowano koncepcję metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych dwóch wybranych przedsiębiorstw z branży poligraficznej. Studia przypadków dały potwierdzenie, ale też i uszczegółowienie opracowanej koncepcji metodyki, które nie byłyby możliwe do ustalenia bez przeprowadzenia badań pogłębionych. Przeprowadzone badania wykazały, że każdy z kroków metodyki jest możliwy do zastosowania w systemie produkcyjnym, jednakże nie jest wymagane stosowanie wszystkich kroków jeden po drugim. Kontynuowanie poszukiwań wąskiego gardła powinno trwać do momentu, gdy menedżer osiągnie pewność co do tego, że dany proces jest rzeczywiście wąskim gardłem systemu oraz uzyska istotne parametry, które pozwolą określić dystans do kolejnego ograniczenia. W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu wdrożenia TO i spełnienia powyższych warunków, zaproponowano listę składającą się z pięciu pytań. Uzyskanie wszystkich pozytywnych odpowiedzi na pytania daje podstawę do zakończenia działań. Dodatkowo, istotnym warunkiem zaproponowania działań mających na celu ich eliminację jest określenie dystansu do kolejnego ograniczenia. Dlatego przy wyborze metody identyfikacji ograniczenia należy koniecznie uwzględnić spełnienie tego warunku.

Wyniki przeprowadzonych studiów przypadków jednoznacznie wskazują, że zastosowanie metody pomiaru czasu cyklu procesów stanowi fundament do podjęcia dalszych działań. Każda kolejna metoda, która jest wykorzystywana po tym kroku, jest rozszerzeniem opartym na wynikach uzyskanych z tej metody. W wyniku empirycznej weryfikacji metodyki ustalono podobieństwo dwóch metod identyfikacji ograniczenia, które opierają się na tym samym sposobie oceny zebranych danych. W rezultacie, jedna z tych metod została wyeliminowana. Rozdział piąty zakończono opracowaniem ostatecznej postaci metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej. Tym samym zrealizowano siódmy cel szczegółowy, jakim jest **sformułowanie rekomendacji dotyczących zastosowania metodyki identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej**. Przeprowadzone studia

przypadków stanowią potwierdzenie hipotezy, że **identyfikacja wąskiego gardła systemu produkcyjnego w branży poligraficznej wymaga wielokrotnego potwierdzenia z wykorzystaniem metod opartych na różnych parametrach systemu produkcyjnego.**

Empiryczna weryfikacja metodyki (cel czwarty) została wykonana również w rozdziale szóstym niniejszej pracy, w którym przeprowadzono badania ilościowe. Druga część kwestionariusza ankiety, zatytułowana *Ograniczenie przedsiębiorstwa,* skupiła się między innymi na zbadaniu, czy przedsiębiorstwa podejmują działania związane z obserwacją systemu produkcyjnego, gromadzą i analizują różne parametry procesu oraz czy identyfikują czynniki, które mogą być określane jako straty produkcyjne. Elementy te stanowią integralną część metodyki identyfikacji ograniczeń. Na podstawie odpowiedzi respondentów można jednoznacznie stwierdzić, że badane przedsiębiorstwa rzeczywiście prowadzą takie działania. Można zatem przypuszczać, że narzędzie to może być wykorzystywane zarówno przez małe, średnie, jak i duże przedsiębiorstwa poligraficzne. Podsumowując, przeprowadzone studia przypadków, a także wyniki badania ilościowego jednoznacznie dowodzą o gotowości przedsiębiorstw do stosowania opracowanej metodyki, a także o jej skuteczności. Narzędzie to może być pomyślnie stosowane w realnie działających systemach produkcyjnych.

Jak już wcześniej wspomniano, rozdział szósty poświęcono prezentacji wyników badań ilościowych. Uzyskane wyniki dostarczyły wielu interesujących informacji dotyczących aktualnego stanu przedsiębiorstw poligraficznych, przede wszystkim w kontekście ich wiedzy na temat TO, innych koncepcji doskonalenia procesów, stosowanych działań usprawniających oraz czynników decyzyjnych. Przeprowadzone badanie ujawniło istniejące bariery, z którymi przedsiębiorstwa muszą się zmierzyć podczas wdrażania TO, aktualne wąskie gardło w przepływie produkcyjnym oraz zmianę wskaźników operacyjnych. Tym samym osiągnięto piąty cel szczegółowy jakim jest **określenie stanu wykorzystania TO wśród przedsiębiorstw oraz efektów jakie przynosi**. Dodatkowo zidentyfikowano dwadzieścia sześć ograniczeń stanowiących utrudnienia dla rozwoju badanych przedsiębiorstw poligraficznych, które podzielono na cztery kategorie: ograniczenia techniczne, rynkowe, społeczne oraz organizacyjne. Tym samym osiągnięto szósty cel badawczy, jakim jest **określenie typowych ograniczeń charakterystycznych dla branży poligraficznej oraz ich usystematyzowanie**.

Wyniki przeprowadzonego badania wykazały, że 37% przedsiębiorstw poligraficznych zna i stosuje TO. Respondenci najczęściej wskazywali ISO 9001 oraz inne znormalizowane systemy jako alternatywne koncepcje doskonalenia procesów. W ramach działań usprawniających przepływ procesów, najczęściej przedsiębiorstwa podejmowały decyzje o zakupie maszyn o lepszych parametrach wydajnościowych oraz skróceniu czasu przejścia wyrobu przez proces. Kluczowymi czynnikami wpływającymi na podjęcie tych działań były poprawa wydajności

maszyn, zwiększenie satysfakcji klientów oraz podniesienie zdolności produkcyjnych. Ponadto ponad połowa respondentów wskazała na trzy najważniejsze bariery związane z stosowaniem TO w badanych przedsiębiorstwach, takie jak brak czasu, kosztowne szkolenia/konsultacje z zakresu TO i brak funduszy na wdrożenie TO. Najczęściej wskazywanym wąskim gardłem w przepływie produkcyjnym badanych przedsiębiorstw jest druk offsetowy. Analiza wskaźników operacyjnych takich jak terminowość zleceń, czas realizacji zamówienia, poziom zapasów oraz czas cyklu produkcyjnego ujawniła, że w większości przypadków nie zaobserwowano ich zmian na gorsze, ale zaobserwowano niewielką lub znaczącą poprawę. Jednakże w przypadku kosztu wytworzenia zauważono niewielkie pogorszenie.

Przeprowadzone w rozdziale szóstym poszukiwania istotnych statystycznie związków z wykorzystaniem testów nieparametrycznych wykazały obecność znaczących zależności pomiędzy badanymi zmiennymi. W pierwszej kolejności zbadano czy istnieje zależność pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa a wykorzystaniem TO. Wynik testu chi-kwadrat był istotny statystycznie i wskazał, że im większe przedsiębiorstwo, tym częściej notowano wykorzystanie TO. Kolejnym ciekawym zagadnieniem było zbadanie różnic pomiędzy dwiema grupami respondentów – stosującymi i niestosującymi TO – a oceną wskaźników operacyjnych przedsiębiorstwa. Wyniki testu U Manna-Whitney'a wskazały na większą poprawę w zakresie terminowości zleceń, czasu realizacji zamówienia oraz czasu cyklu produkcyjnego w przypadku respondentów wykorzystujących TO do zarządzania przedsiębiorstwem. Istnienie zależności w dwóch badanych grupach respondentów umożliwiło potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej, która zakłada, **że wykorzystanie Teorii Ograniczeń w organizacji przepływu produkcji poligraficznej wpływa korzystnie na skrócenie czasu realizacji zamówień, skrócenie czasów cyklu procesów oraz poprawę terminowości zleceń.**

Istotnym aspektem prowadzonych badań jest analiza podejmowanych przez przedsiębiorstwa rozwiązań mających na celu usprawnienie przepływu produkcyjnego. Otrzymane wyniki wskazują na większą poprawę w zakresie terminowości zleceń w przypadku przedsiębiorstw, w których podjęto działania w zakresie skrócenia czasu przejścia wyrobu przez proces. W przypadku działania usprawniającego, polegającego na skróceniu czasu przezbrojenia maszyn, odnotowuje się większą poprawę w zakresie czasu realizacji zamówień, poziomu zapasów oraz czasu cyklu produkcyjnego. W grupie respondentów, którzy elastycznie przenoszą pracowników pomiędzy stanowiskami oraz zmieniają organizację pracy, na przykład w wyniku uruchomienia dodatkowej zmiany produkcyjnej, odnotowuje się większą poprawę w zakresie terminowości zleceń, czasu realizacji zamówień oraz czasu cyklu produkcyjnego. W przypadku respondentów podejmujących działanie usprawniające, polegające na zakupie maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych, zauważono większą poprawę

w zakresie terminowości zleceń, poziomu zapasów oraz czasu cyklu produkcyjnego. Dostawienie dodatkowej maszyny korzystnie wpływa na poprawę czasu cyklu produkcyjnego, zaś zlecenie części produkcji podwykonawcy wpływa na poprawę tego samego wskaźnika, ale również na czas realizacji zamówień. Kolejno wykazano, że większe przedsiębiorstwa uzyskały wyższe wyniki w ocenie tylko jednego ograniczenia blokującego jego rozwój, jakim jest wydajność maszyny. Ostatnim badanym zagadnieniem było sprawdzenie czy wielkość przedsiębiorstwa wpływa na występowanie barier, które mogą się pojawić lub pojawiają się podczas stosowania koncepcji TO. Mniejsze podmioty osiągały wyższe wyniki w ocenie bariery dotyczącej braku funduszy na wdrożenie TO.

Ukazane w niniejszej pracy wyniki badań stanowią podstawę do dalszych rozważań i kolejnych eksploracji. Zgodnie z założeniami rozprawy doktorskiej, opracowana metodyka została zweryfikowana wyłącznie w branży poligraficznej. Kolejnym kierunkiem badań, który autorka zamierza podjąć, jest weryfikacja skuteczności metodyki w innym sektorze przemysłowym. Pozwoli to na ocenę jej uniwersalności oraz potencjału adaptacji do różnorodnych branż i systemów produkcyjnych. Rezultatem planowanych badań będzie rozszerzenie możliwości zastosowania metodyki identyfikacji ograniczeń, co pozwoli menedżerom na jej wykorzystanie w różnych sektorach przemysłowych.

Bibliografia

1) Aczel A.D., *Statystyka w zarządzaniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.

2) AGI-Goldratt Institute, *Combining Lean, Six Sigma and Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance* [w:] J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010.

3) Ahmed S., *Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare*, „Reviews on Environmental Health" 2019, s. 1-8.

4) Antony J., *Six Sigma: a strategy for supporting innovation in pursuit of business excellence*, „International Journal of Technology Management" 2007, nr 37(1-2), s. 8-12.

5) Antony J., Sony M., *An empirical study into the limitations and emerging trends of Six Sigma in manufacturing and service organisations*. „International Journal of Quality & Reliability Management" 2020, 37(3), s. 470-493.

6) Antosz K., Stadnicka D., *Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results*, „Maintenance and Reliability" 2015, nr 17(1), s. 107-117.

7) Benavides M.B., Van Landeghem H., *Implementation of S-DBR in four manufacturing SMEs: a research case study*, „Production Planning and Control" 2015, nr 26(13), s. 1110-1127.

8) Besterfield D.H., *Quality Improvement*, Ninth Edition, Pearson Education, 2014.

9) Betterton C.E., Cox J.F., *Espoused drum-buffer-rope flow control in serial lines: a comparative study of simulation models*, „International Journal of Production Economics" 2009, 117(1), s. 66-79.

10) Betterton C.E., Silver S.J., *Detecting bottlenecks in serial production lines – A focus on interdeparture time variance*, „International Journal of Production Research" 2012, nr 50(15), s. 4158-4174.

11) Bevilacqua M., Ciarapica F.E., De Sanctis I., *Lean practices implementation and their relationships with operational responsiveness and company performance: an Italian study*, „International Journal of Production Research" 2017, nr 55(3), s. 769–794.

12) Bielawa A., *Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania" 2011, nr 21, s. 143-152.

13) Biller S., Li J., Martin S.P., Meerkov S.M., Zhang L., *Bottlenecks in Bernoulli serial lines with rework*, „IEEE Transactions on Automation Science & Engineering" 2010, 7(2), s. 208-217.

14) Bittencourt V., Alves A.C., Leão C.P., *Industry 4.0 triggered by Lean Thinking: Insights from a systematic literature review*, „ International Journal of Production Research" 2021, nr 59, s. 1496-1510.

15) Blackstone J.H., *A review of Literature on Drum-Buffer-Rope, Buffer Management and Distribution* [w:] J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010.

16) Brzeziński M., *Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie*, Difin, Warszawa 2013.

17) Buer S.V., Semini M., Strandhagen J.O., Sgarbossa F., *The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance*, „International Journal of Production Research" 2021, s. 1976-1992.

18) Burduk A., *Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.

19) Carvalho A.M., Sampaio P., Rebentisch E.S., Oehmen J., *Technology and Quality Management: a review of concepts and opportunities in the Digital Transformation*, Conference: International Conference on Quality Engineering and Management 2020, s. 698-714.

20) Cetra W., *Poligrafia w czasie pandemii*, „Zarządzanie Mediami" 2021, tom 9(1), s. 173-189.

21) Chen P.K., Lujan-Blanco I., Fortuny-Santos J., Ruiz-de-Arbulo-López P., *Lean Manufacturing and Environmental Sustainability: The Effects of Employee Involvement, Stakeholder Pressure and ISO 14001,* „Sustainability" 2020, nr 12(18), s. 1-19.

22) Chiarini A., *Industry 4.0, quality management and TQM world. A systematic literature review and a proposed agenda for further research,* „The TQM Journal" 2020, nr 32(4), s. 603-616.

23) Chowdhary M., *Constraint management: Throughput, operating expense and inventory*, Global India Publications, New Delhi 2009.

24) Cieślak R., Pająk E., *Projektowanie procesów konwencjonalnych*, Wydawnictwo PWSZ w Koninie, Konin 2013.

25) Ciliberto C., Szopik-Depczyńska K., Tarczyńska-Łuniewska M., Ruggieri A., Ioppolo G., *Enabling the Circular Economy transition: A sustainable lean*

manufacturing recipe for Industry 4.0, „Business Strategy and the Environment" 2021, nr 30, s. 3255–3272.

26) Colledani M., Tolio T., Fischer A., Iung B., Lanza G., Schmitt R., Váncza J., *Design and management of manufacturing systems for production quality*, CIRP Annals, 2014, nr 63(2), s. 773-796.

27) Coman A., Ronen B., *IS Management by Constraints: Coupling IS Effort to Changes in Business Bottlenecks*, „Human System Management" 1994, nr 13, s. 65-70.

28) Cooney R., *Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry*, „International Journal of Operations and Production Management" 2002, 22(10), s. 1130-1147.

29) Corbett T., *Finanse do góry nogami: zdroworozsądkowa rewolucja w rachunkowości*, MintBooks, Wydanie II, Warszawa 2009.

30) Cots S., *Digital Transformation of Quality Management*, Proceedings book of the 3rd International Conference on Quality Engineering and Management, International Conference on Quality Engineering and Management, 2018, s. 605-613.

31) Cox J.F. III, Schleier J.G., *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010.

32) Cox J.F. III, Spencer M.S., *The Constraints Management Handbook APICS Series on Constraints Management*, St Lucie Press, Boca Raton, FL 1998.

33) Crosby P.B., *Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain*, McGraw-Hill, New York 1979.

34) Csiki O., Semeter K., Losonci D., *How to improve firm performance? – The role of production capabilities and routines*, „International Journal of Operations & Production Management" 2023, 43(12), s. 1-26.

35) Cyplik P., Adamczak M., Hadaś L., *Critical chain project management and drum-buffer-rope tools integration in construction industry – case study*, „Log-Forum" 2012, nr 8(1), s. 29-37.

36) Czakon W., *Zastosowanie studiów przypadku w badaniach nauk o zarządzaniu* [w:] W. Czakon, *Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa 2016.

37) Czerska J., *Podstawowe narzędzia Lean Manufacturing*, LeanQ Team, Gdańsk 2014.

38) Czerska J., *Pozwól płynąć swojemu produktowi: Tworzenie ciągłego przepływu*, Wydawnictwo Placet, Gdańsk 2011.

39) Czerska J., *Zarządzanie zapasami dla praktyków: jak mądrze redukować zapasy w systemie Kanban i MRP*, LeanQ Team, Gdańsk 2015.

40) Ćwiklicki M., *Wprowadzenie do współczesnych narzędzi harmonizacji*, „Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie" 2001, nr 564, s. 101-112.

41) Ćwikła G., Grabowik C., Gwiazda A., Kalinowski K., Gmur R., *Ocena działania systemu ciągłego doskonalenia Kaizen w przykładowej firmie* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017.

42) Dahlgaard J.J., Kristensen K., Kanji G.K., *Fundamentals of Total Quality Management*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2016.

43) Dahlgaard-Park S.M., *The quality movement: Where are you going?*, „Total Quality Management & Business Excellence" 2011, nr 22(5), s. 493-516.

44) Delp D., Si J.Y., Wang H., *A dynamic system regulation measure for increasing effective capacity: the X- factor theory*, „Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop" 2002, s. 81-88.

45) Dettmer W.H., *Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for Higher Performance*, System International, Port Angeles – USA 2001.

46) Dettmer W.H., *Breaking the Constraints to World-class Performance: A Senior Manager's/ Executive's Guide to Business Improvement through Constraint Management*, ASQC Quality Press, Milwaukee, WI 1998.

47) Dettmer W.H., *Goldratt's Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement*, ASQC Quality Press, Milwaukee, WI 1997.

48) Dettmer W.H., *The Logical Thinking Process: a Systems Approach to Complex Problem Solving*, ASQ Quality Press Milwaukee, Wisconsin, 2007.

49) DeVellis R.F., *Scale Development: theory and applications*, Wydanie II, SAGE Publications, Londyn, New Delhi 2003.

50) Dias A.M., Carvalho A.M., Carvalho P., *Quality 4.0: literature review analysis, definition and impacts of the digital transformation process on quality*, „International Journal of Quality & Reliability Management" 2021, nr 39(6), s. 1312-1335.

51) Dilsad G., Shahbazpour Asiabi A., I*ncreasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study)*, „Technical Journal" 2022, nr 16(1), s. 82-92.

52) Dohn K., *Studium oceny procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 35.

53) Dongping Z., Xitian T., Junha G., *A Bottleneck Detection Algorithm for Complex Product Assembly Line Based on Maximum Operation Capacity*, „Mathematical Problems in Engineering" 2014, nr 3, s. 1-9.

54) Doroszewicz S., Tyszkiewicz A., *Systemowe podejście do zarządzania jakością według koncepcji Six Sigma*, „Zeszyty Naukowe Kolegium Zarządzania i Finansów" 2017, nr 158, s. 157-178.

55) Doroszewski W. (red.), *Słownik języka polskiego PWN*, https://sjp.pwn.pl/szukaj/teoria.html, [dostęp: 25.06.2023].

56) Douglas P.C., Erwin J., *Six Sigma's focus on total customer satisfaction*, „Journal for Quality and Participation" 2000, nr 23(2), s. 16-22.

57) Drohomeretski E., Gouvea da Costa S.E., Pinheiro de Lima E., Andrea da Rosa Garduio P., *Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: An Analysis Based on Operations Strategy*, „International Journal of Production Research" 2014, vol. 53, nr 3, s. 804–824.

58) Ejdys J., Kobylińska U., Lulewicz-Sas A., *Zintegrowane systemy zarządzania jakością środowiskiem i bezpieczeństwem pracy*, „Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej", Białystok 2012.

59) Faget, P., Eriksson U., Herrmann F., *Applying discrete event simulation and an automated bottleneck analysis as an aid to detect running production constraints* [w:] Kuhl M.E., Steiger N.M., Armstrong F.B., Joines J.A. (red.), Proceedings of the 2005 winter simulation conference, 4–7 December 2005, Orlando, FL. Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, s. 1401–1407.

60) Franchetti M., Bedal K., Ulloa J., Grodek S., *Lean and green: Industrial engineering methods are natural stepping stones to green engineering*, „Industrial Engineer Journal" 2009, nr 41, s. 24-30.

61) Gawlik J., Plichta J., Świć A., *Procesy produkcyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013, 2021.

62) Gdakowicz A., Hozer-Koćmiel M., Markowicz I., *Zastosowanie metod opisu statystycznego do badania zjawisk społeczno-ekonomicznych*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2022.

63) Ghobadian A., Talavera I., Bhattacharya A., Kumar V., Garza-Reyes J.A., O'Regan N., *Examining legitimatisation of additive manufacturing in the interplay between innovation, lean manufacturing and sustainability*, „International Journal of Production Economics" 2018, s. 457-468.

64) Gilbert Ch., Tito M.D., Doniger C., *Quantifying Bottlenecks in Manufacturing*, „FEDS Notes" 2021, nr 3022, s. 11-19.

65) Główny Urząd Statystyczny, strona internetowa, https://stat.gov.pl/ [dostęp: 04.04.2023].

66) Gogtay N.J., Thatte U.M., *Principles of Correlation Analysis*, „Journal of The Association of Physicians of India" 2017, vol. 65, s. 78-81.

67) Gola A., *Analiza długości cyklu produkcyjnego partii wyrobów w kontekście bilansowania zdolności produkcyjnej systemu wytwórczego* [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, T.1, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2018.

68) Gola A., *Analiza konfiguracji systemów wytwórczych w aspekcie bilansowania zdolności produkcyjnej*, „Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy" 2018, nr 29(4), s. 239-258.

69) Gola A., Kosicka E., Daniewski K., Mazurkiewicz D., *Analiza błędów przy ocenie wskaźnika OEE na przykładzie linii rozlewu butelkowego* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Zarządzania Produkcją, Opole 2016.

70) Goldratt E.M., Cox J., *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1984.

71) Goldratt E.M., Cox J., *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, 3rd ed., The North River Press, Great Barrington 2004.

72) Goldratt E.M., *Critical Chain*, North River Press, Great Barrington, MA 1997.

73) Goldratt E.M., Eshkoli I., Brownleer J., *Isn't It Obvious?*, North River Press 2009.

74) Goldratt E.M., *It's Not Luck*, North River Press, Great Barrington, MA 1994.

75) Goldratt E.M., *Late Night Discussions on the Theory of Constraints*, North River Press, United Kingdom 1998.

76) Goldratt E.M., Schragenheim E., Ptak C.A., *Necessary But Not Sufficient*, North River Press, Great Barrington, MA 2000.

77) Goldratt E.M., *The Haystack Syndrome: Sifting Information from the Data Ocean?*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1990.

78) Goldratt E.M., *What Is This Thing Called the Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?*, North River Press, Croton-on-Hudson, NY 1990.

79) Greaver M.F., *Strategic Outsourcing. A Structural Approach to Outsourcing Decisions and Initiatives*, Amacom, New York 1999.

80) Grudowski P., Wiśniewska M., *Six Sigma w małych i średnich przedsiębiorstwach. Puste hasło czy konieczność?*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu" 2015, nr 376, s. 301-312.

81) Grudzewski W.M., Hejduk I.K., *Metody projektowania systemów zarządzania*, Difin, Warszawa 2004.

82) Gunasekaran A., Subramanian N., Ngai E., *Quality Management in the 21st Century Enterprises: Research pathway towards Industry 4.0*, „International Journal of Production Economics" 2019, nr 207, s. 125-129.

83) Hamrol A., Mantura W., *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydanie III, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.

84) Hamrol A., *Strategie i praktyki sprawnego działania Lean, Six Sigma i inne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

85) Hamrol A., *Zarządzanie i inżynieria jakości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.

86) Hamrol A., *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydanie II, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2007.

87) Harry M., Schroeder R., *Six Sigma: wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005.

88) Hartini S., Ciptomulyono U., *The Relationship between Lean and Sustainable Manufacturing on Performance: Literature Review*, „Procedia Manufacturing" 2015, nr 4, s. 38-45.

89) Hessing T., *Measurement Systems Analysis (MSA)*, https://sixsigmastudyguide.com/measurement-systems-analysis/ [dostęp: 11.08.2022].

90) Hopp W.J., Spearman M.L., Factory physics, 2nd ed., McGraw-Hill, NY 2000.

91) Horzela A., Semrau J., *Analiza wybranych zagadnień związanych z procesami logistycznymi i produkcyjnymi*, I Konferencja Naukowa Forum Inżynierów Przyszłości, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020.

92) Hyla A., *Outsourcing w firmie produkcyjnej – zalety i wady*, „Inżynieria & Utrzymanie Ruchu" 2016, nr 2(113), s. 14-21.

93) Ingaldi M., *Wprowadzenie do metody Six Sigma*, „Quality Production Improvement" 2019, nr 1(10), s. 119-130.

94) ISO 9000:2015.

95) Jamróz A., Pleskacz A., *Zastosowanie metody 5S do poprawy organizacji miejsca pracy w wybranej firmie produkcyjnej*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki" 2018, nr 14, s. 135-160.

96) Juran J.M., Godfrey A.B., *Juran's Quality Handbook*, Fifth Edition, McGraw-Hill, New York, USA 1980.

97) Kaczmarczyk S., *Badania marketingowe. Podstawy metodologiczne*, PWE, Warszawa 2011.

98) Kamiński P., Drobina R., *Wyznaczenie wąskiego gardła w przedsiębiorstwie branży metalurgicznej z wykorzystaniem pakietu symulacyjnego programu Arena*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2021, nr 84, s. 95-110.

99) Karpiński T., *Inżynieria produkcji*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2013.

100) Kendall G., *Theory of Constraint Strategy* [w:] J.F. III Cox, J.G. Schleier, *Theory of constraints handbook*, McGraw-Hill, New York 2010.

101) Kisiel P., *Koncepcja wdrożenia wybranych metod Lean Production w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Logistyka" 2016, nr 6, s. 1410-1414.

102) Kliciński S., *Problemy implementacji podejścia procesowego opartego na normie ISO 9001:2000*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu", 2009, nr 52, s. 59.

103) Klimecka-Tatar D., *Projektowanie i planowanie kierunków rozwoju innowacji procesowych i produktowych w procesie wytwarzania wybranej grupy kompozytów magnetycznych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2019.

104) Knosala R. (red.), *Inżynieria produkcji: kompendium wiedzy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2017.

105) Kolińska K., Koliński A., *Zastosowanie standaryzacji pracy w celu poprawy efektywności produkcji*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2013, nr 61, s. 61-72.

106) Konieczka K., Konieczna M., *Bariery i ograniczenia przy wdrożeniu metody 6S – studium przypadku*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2019, nr 79, s. 119-131.

107) Kopczyński T., *Outsourcing w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010.

108) Kosieradzka A., Uklańska A., *Wykorzystanie współczesnych koncepcji i metod zarządzania organizacjami w zarządzaniu kryzysowym*, „Logistyka" nr 5, 2014, s. 795-809.

109) Kost G., *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

110) Kot S.M., Jakubowski J., Sokołowski A., *Statystyka*, Diffin, Wydanie II, Warszawa 2011.

111) Kowal S., Knop K., *Wykorzystanie metody SMED do poprawy efektywności pracy stanowiska wytłaczania rurek gładkich*, „Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement" 2017, nr 2(7), s. 94-105.

112) Kozłowski R., Liwowski B., *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa 2011.

113) Krafcik J.F., *Triumph of the Lean Production System*, „MIT Sloan Management Review", Fall 1988, Vol. 30, nr 1 ss. 41-52.

114) Kruczek M., Żebrucki Z., *Wykorzystanie techniki SMED w usprawnieniu procesu produkcyjnego*, „Logistyka" 2012, nr 2, s. 9-19.

115) Krystek J., Trznadel T., *Zastosowanie algorytmu DBR Teorii Ograniczeń do planowania produkcji*, „Przegląd Elektrotechniczny" 2012, nr 88(10b), s. 163-169.

116) Krystek J., *Zapasy magazynowe w sterowaniu produkcją powtarzalną*, „Logistyka" 2012, nr 2, s. 821-830.

117) Krzyżek N., *Rodzaje marnotrawstw według Lean Manufacturing* [w:] D. Stadnicka (red.), *Lean Manufacturing Kompendium wiedzy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2021.

118) Kubiński W., *Inżynieria i technologie produkcji* (wydanie zmienione, poszerzone), Wydawnictwo AGH, Kraków 2017.

119) Kuczyńska-Chałada M., *Proces wdrożenia metody 5S w przedsiębiorstwie produkcyjnym* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017.

120) Kulińska E., Dendera-Gruszka M., Masłowski D., *Analiza ryzyka systemu produkcyjnego na podstawie wybranego przedsiębiorstwa* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Zarządzania produkcją, Opole 2018.

121) Kumar P., *What is Six Sigma: Everything You Need to Know About It*, https://www.simplilearn.com/what-is-six-sigma-a-complete-overview-article [dostęp: 22.04.2023].

122) Kuo C.T., Lim J.T., Meerkov S.M., *Bottlenecks in serial production lines: a system-theoretic approach*, „Mathematical Problems in Engineering" 1996, nr 2, s. 233-276.

123) Langlotz P., Siedler C., Aurich J.C., *Unification of lean production and Industry 4.0*, Procedia CIRP 2021, nr 99, s. 15-20.

124) Lara A.C., Menegon E.M.P., Sehnem S., Kuzma E., *Relationship between Just in Time, Lean Manufacturing, and Performance Practices: a meta-analysis*, „Gestão & Produção" 2022, nr 29, s. 1-21.

125) Law A.M., Kelton D.W., *Simulation modeling and analysis*, 3rd ed., McGraw Hill, NY 2000.

126) Lawrence S.R., Buss A.H., *Shifting production bottlenecks: causes, cures, and conundrums*, „Production and Operations Management" 1994, nr 3 (1), s. 21-37.

127) *Lean Action Plan*, strona internetowa, https://leanactionplan.pl/marnotrawstwa [dostęp: 15.03.2023].

128) *Lean Center*, strona internetowa, https://leancenter.pl/bazawiedzy/lean-w-sektorach-uslug-finansowych [dostęp: 22.04.2023].

129) *Lean Production*, strona internetowa, https://www.leanproduction.com/theory -of- constraints/ [dostęp: 22.04.2023].

130) Leksic I., Stefanic N., Veza I., *The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction*, „Advances in Production Engineering & Management" 2020, 15(1), s. 81-92.

131) Lewandowski J., Skołud B., Plinta D., *Organizacja systemów produkcyjnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2018.

132) Li L., *A systematic-theoretic analysis of data-driven throughput bottleneck detection of production systems*, „Journal of Manufacturing Systems" 2018, nr 47, s. 43-52.

133) Li L., Chang Q., Ni J., *Data Driven Bottleneck Detection of Manufacturing Systems*, „International Journal of Production Research" 2009, nr 47(18), s. 5019-5036.

134) Lifvergren S., Bergman B., *Improving 'Improvement' by Refocusing Learning: Experiences from an -Initially- Unsuccessful Six Sigma Project in healthcare* [w:] A. Tauseef (red.), *Total Quality Management and Six Sigma*, InTech, 2012.

135) Liker K.J., *Toyota and Kiichiro Toyoda: Building a company and a production system based on values*, Handbook of East Asian Entrepreneurship, 2014.

136) Lipiak J., Ejsmont K., *Standaryzacja procesu druku fleksograficznego a zmian wskaźnika OEE – studium przypadku* [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017.

137) Lis M., Ratajczak S., *Six Sigma jako metoda doskonalenia jakości przedsiębiorstw w okresie rosnącej globalizacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie" 2014, vol 2, s. 45-58.

138) Lisiecka K., Burka I., *Źródła powstawania marnotrawstwa w organizacjach na przykładzie usługowych przedsiębiorstw ciepłowniczych*, „Studia Ekonomiczne" 2015, nr 233, s. 75-92.

139) Lisiecka K., *TOC, Six Sigma i Lean Management – kompozycja metod na rzecz doskonalenia systemu zarządzania organizacją*, „Problemy Jakości" 2013, s. 48-53.

140) Lizarralde A., Apaolaza U., Mediavilla M., *Practical perspectives from the industry for the identification of the bottleneck in "make-to-order" manufacturers: a strategic or an operational decision? – practical perspectives from industry*, „Dyna Engineering and Industry" 2019, nr 94, s. 507-511.

141) Łopatowska J., *Metoda 5S jako narzędzie modelowania procesów na stanowisku pracy*, Inżynieria systemów zarządzania, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2002.

142) Łopatowska J., *Wykorzystanie Teorii Ograniczeń do realizacji zasad koncepcji Lean*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka" 2014, nr 11, s. 49-57.

143) Mabin V.J., Balderstone S.J., *The performance of the theory of constraints methodology – Analysis and discussion of successful TOC applications*, „International Journal of Operations & Production Management" 2003, nr 23(6), s. 568-595.

144) *Mann-Whitney U-Test*, strona internetowa, https://datatab.net/tutorial/mann-whitney-u-test [dostęp: 29.03.2023].

145) Marodin G.A., Saurin T.A., *Implementing lean production systems: Research areas and opportunities for future studies*, „International Journal of Production Research" 2013, nr 51, s. 6663-6680.

146) Martínez-Lorente A.R., Dewhurst F., Dale B.G., *Total quality management: origins and evolution of the term*, „The TQM Magazine" 1998, nr 10(5), s. 378-386.

147) Maware C., Okwu M.O., Adetunji O., *A systematic literature review of lean manufacturing implementation in manufacturing-based sectors of the developing and developed countries*, „International Journal Lean Six Sigma" 2021, nr 13, s. 521-556.

148) Mazurczak J., Gania I., *Badanie możliwości pogłębienia specjalizacji przedmiotowej systemów produkcyjnych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2015, nr 65, s. 1-15.

149) McMullen T.B., *Introduction to the Theory of Constraints (TOC) Management System,* FL: St Lucie Press, Boca Raton 1998.

150) Midor K., Lenart M., *Wdrożenie systemu Kaizen w firmie branży motoryzacyjnej – studium przypadku*, „Systemy wspomagania w inżynierii produkcji: Jakość i Bezpieczeństwo" 2015, z. 3(12), s. 119-131.

151) Miguel S.E, Ribera T.B, Miguel J., Guillem A., Dema Pérez C.M., *Revision to Theory of Constraints*, „IFIP Advances in Information and Communication Technology" 2010, nr 322, s. 193-201.

152) Misztal A., *Eight quality management principles – practical context* [w:] A. Borucki, L. Pacholski (red.), *Some problems and methods of ergonomics and quality management*, Poznań 2010.

153) Moerth-Teo O., Schlögla G., Hadi M.A, Brillinger M., Weinzerl M., Ramsauer Ch., *Production Resource Flexibility Assessment:Case Studies in the Automotive Industry*, „Management and Production Engineering Review" 2022, 13(3), s. 20-29.

154) Mohammad Ali A.M., Jabir S.M., *Using attribute-based costing and theory of constraints for product-mix decisions*, „Journal of Management Information and Decision Sciences" 2022, nr 25(2), s. 1-10.

155) Mroczko F., *Zarządzanie Jakością*, Wałbrzyska Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości, Wałbrzych 2012.

156) Murawski B., *ISO 9001, Lean, Teoria Ograniczeń na wspólnej drodze*, https://murawski.leancenter.pl/iso9001/ [dostęp: 20.06.2023].

157) Mydlarz A., *Total Quality Management – wszystko co musisz wiedzieć, Zarządzanie Jakością*, https://inzynierjakosci.pl/2020/05/total-quality-management/ [dostęp: 18.04.2023].

158) Nave D., *How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints*, „Quality Process" 2020, s. 73-79.

159) Negrão L.L.L., Godinho Filho M., Marodin G., *Lean practices and their effect on performance: A literature review*, „Production Planning & Control" 2016, nr 28, s. 1-24.

160) Ng D., Vail G., Thomas S., Schmidt N., *Applying the Lean principles of the Toyota Production System to reduce wait times in the emergency department*, CJEM, 2010, nr 12(1), s. 50-57.

161) Niemczyk J., *Metodologia nauk o zarządzaniu*, [w:] W. Czakon, *Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa 2016.

162) Nowak D., *Production-operation management. The chosen aspects*, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań 2021.

163) Nowicki M., *Six Sigma* [w:] *Kompendium metod i technik zarządzania. Technika i ćwiczenia*, Wolters Kluwer Business, Warszawa 2015.

164) Oakland J.S., *Total Quality Management text with cases*, Wydanie III, Butterworth-Heinemann, 2003.

165) Ohno T., *Toyota Production System. Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, New York 1988.

166) *Osiem Zasad Zarządzania Jakością*, strona internetowa, http://eqiinstitute.organicelectronics.co.uk/ [dostęp: 20.04.2023].

167) Pacana A., Gazda A., Wołoszyn P., *Wykorzystanie metody 5S do doskonalenia procesów logistycznych*, „Modern Management Review" 2014, nr 19, s. 73-80.

168) Pająk E., *Zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021.

169) Pettersen J., *Defining lean production: Some conceptual and practical issues*, TQM J 2009, nr 21, s. 127-142.

170) Piątek R., *World Class Manufacturing a Toyota Production System: porównanie systemów produkcyjnych w kontekście zrównoważonego rozwoju*, „Nowoczesne Systemy Zarządzania" 2022, nr 17(4), s. 91-110.

171) Pinto C.M.A., Mendonça J., Babo L., Silva F.J.G., Fernandes J.L.R., *Analyzing the Implementation of Lean Methodologies and Practices in the Portuguese Industry: A Survey*, „Sustainability" 2022, nr 14, s. 1-24.

172) Pirasteh R.M., Farah K.S., *Continuous Improvement Trio (TOC, Lean and Six Sigma)*, „APICS Magazine" 2006, s. 31-43.

173) Plinta D., Radwan K., *Improving material flow in a modified production system*, „Applied Computer Science" 2023, nr 19(1), s. 95-106.

174) PN-EN ISO 9001:2008 Systemy zarządzania jakością. Wymagania

175) Poksinska B., Swartling D., Drotz E., *The daily work of Lean leaders – lessons from manufacturing and healthcare*, „Total Quality Management & Business Excellence" 2013, nr 24(7-8), s. 886–898.

176) Possik J., Zouggar-Amrani A., Vallespir B., Zacharewicz G., *Lean techniques impact evaluation methodology based on a co-simulation framework for*

manufacturing systems, „International Journal of Computer Integrated Manufacturing" 2022, nr 35(1), s. 91-111.

177) Pretorius P., *Introducing in-between decision points to TOC's five focusing steps*, „International Journal of Production Research" 2014, nr 52(2), s. 496-506.

178) Raport Polskiego Bractwa Kawalerów Gutenberga, *Rynek poligraficzny i opakowań z nadrukiem w Polsce*, edycja ósma i dziewiąta, Warszawa 2022.

179) Reid R.A., *Applying the TOC five-step focusing process in the service sector: A banking subsystem*, „Managing Service Quality" 2007, nr 17(2), s. 209-234.

180) Rohani J.M., Zahraee S.M., *Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry*, „Procedia Manufacturing" 2015, nr 2, s. 6-10.

181) Ronen B., Pass S., *Focused Operations Management: Achieving More with Existing Resources*, John Wiley & Sons, 2007.

182) Roser Ch., Lorentzen K., Deuse J., *Reliable Shop Floor Bottleneck Detection for Flow Lines through Process and Inventory Observations*, Robust Manufacturing Conference, Procedia CIRP 19, 2014, s. 63-68.

183) Roser Ch., Masaru N., Minoru T., *Shifting Bottleneck Detection*, In Winter Simulation Conference, edited by Enver Yucesan, CA, 2002.

184) Roser Ch., Mukund S., Anders S., Björn J., *An Enhanced Data-Driven Algorithm for Shifting Bottleneck Detection*, „Advances in Production Management Systems" 2021, nr 630, s. 683-689.

185) Roser Ch., Nakano M., Tanaka M., *A practical bottleneck detection method*, Proceedings of the 2001 winter simulation conference, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001, nr 2, s. 949-953.

186) Salman M., Bhagat M., Kumar N., Wattal R., *Role of Inventory Management and Control in A Manufacturing Company*, „International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)" 2023, nr 11 (4), s. 3836-3841.

187) Samson D., Terziovski M., *The relationship between total quality management practices and operational performance*, „Journal of Operations Management" 1999, nr 17(4), s. 393-409.

188) Sanders A., Elangeswaran C., Wulfsberg J., *Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing*, „Journal of Industrial Engineering and Management" 2016, nr 9(3), s. 811-833.

189) Scheinkopf L., *Thinking for a Change: Putting the TOC Thinking Processes to Use, APICS Series on Constraints Management*, St Lucie Press, Boca Raton, FL 1999.

190) Schultheiss J., Kreutzfeldt J., *Performance improvement in production systems through practice-oriented bottleneck management*, Proceedings of the 4th European conference, 2009, s. 1-20.

191) Sengupta S., Das K., Van Til R.P., *A new method for bottleneck detection*, Proceedings of the 2008 winter simulation conference, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Miami 2008, s. 1741–1745.

192) Shah R., *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*, „Journal of Operations Management" 2003, nr 21(2), s. 129-149.

193) Sims T., Wan H., *Constraint identification techniques for lean manufacturing systems*, „Robotics and Computer-Integrated Manufacturing" 2017, nr 43, s. 50-58.

194) Şimşita Z.T., Sebla Günayb N.S., Vayvayc Ö., *Theory of Constraints: A Literature Review*, 10th International Strategic Management Conference, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2014, nr 150, s. 930-936.

195) Siva V., Gremyr I., Bergquist B., Garvare R., Zobel T., Isaksson R., *The support of Quality Management to sustainable development: a literature review*, „Journal of Cleaner Production" 2016, nr 138, s. 148-157.

196) Skołud B., *Zarządzanie operacyjne. Produkcja w małych i średnich przedsiębiorstwach*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.

197) Skołud B., Zientek A., *Programowanie w logice z ograniczeniami do zarządzania w środowisku wieloprojektowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, „Zeszyty Naukowe. Mechanika" 2005, nr 152, s. 158-173.

198) Skotnicka-Zasadzeń B., Masoń P., *Doskonalenie obiektów technicznych przy wykorzystaniu metody SMED*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie" 2016, z. 87, s. 327-343.

199) Sousa R., Voss C.A., *Quality management re-visited: a reflective review and agenda for future research*, „Journal of Operations Management" 2002, nr 20(1), s. 91-109.

200) Souza F.B. de, Sobreiro V.A., Nagano M.S., de Souza Manfrinato J.W., *When less is better: Insights from the product mix dilemma from the Theory of Constraints perspective*, „International Journal of Production Research" 2013, nr 51(9), s. 5839-5852.

201) Sproull B., *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the Integration of Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints,* Productivity Press, 2009.

202) Stanisz A., *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, tom 3, Analizy wielowymiarowe, StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków 2007.

203) Stanisz A., *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Tom 1. Statystyki podstawowe, StatSoft, Kraków 2006.

204) Szatkowski K., *Nowoczesne zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.

205) Tambare P., Meshram C., Lee C.C., Ramteke R.J., Imoize A.L., *Performance Measurement System and Quality Management in Data-Driven Industry 4.0: A Review*, „Sensors" 2022, 22, s. 1-24.

206) Thomas A.J., Francis M., Fisher R., Byard P., *Implementing Lean Six Sigma to overcome the production challenges in an aerospace company*, „Production Planning & Control" 2016, s. 1–13.

207) Thürer M., Ma L., Stevenson M., Roser Ch., *Bottleneck detection in high-variety make-to-order shops with complex routings: an assessment by simulation*, „Production Planning and Control" 2021, s. 1481-1492.

208) Tobisz R., *Zapewnienie wiarygodności analizowanych danych – podstawy analizy MSA*, https://media.statsoft.pl/_old_dnn/downloads/msa.pdf [dostęp: 11.08.2022].

209) Trocki M., *Outsourcing. Metoda restrukturyzacji działalności gospodarczej*, PWE, Warszawa 2001.

210) Trojanowska J., Koliński A., *Wpływ zastosowania narzędzi TOC na wybrane wskaźniki efektywności procesu produkcji*, „Logistyka" 2015, nr 4, s. 7-11.

211) Trojanowska J., *Zarządzanie produkcją na zamówienie w oparciu o teorię ograniczeń*, Wybrane problemy logistyki produkcji, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.

212) Tyszkiewicz A.M., *Efektywna Six Sigma?: o wpływie Six Sigma na kondycję finansową firmy*, Wydawnictwo rozpisani.pl, Warszawa 2016.

213) Urban S., *System Kaizen w przedsiębiorstwie Toyota Motor Manufacturing Poland*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki o Zarządzaniu" 2011, nr 164 Zarządzanie w praktyce, s. 167-175.

214) Urban W., *Definicje jakości usług – różnice oraz ich przyczyny*, „Problemy Jakości", 2007, s.4-9.

215) Urban W., Rogowska P., *Methodology for bottleneck identification in a production system when implementing TOC*, „Engineering Management in Production and Services", 2020, nr 12(2), s. 74-82.

216) Urban W., Rogowska P., *Systematic Literature Review of Theory of Constraints* [w:] A. Hamrol, A. Kujawińska, M. Barraza (red.): *Advances in Manufacturing II*, Production Engineering and Management, Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, nr 2, s. 415-423.

217) Urban W., Rogowska P., *The case study of bottlenecks identification for practical implementation to the Theory of Constraints*, XV International Conference: Multidisciplinary Aspects of Production Engineering (MAPE), Conference proceedings, vol. 1, nr 1, Wydawnictwo PANOVA, Zabrze 2018, s. 399-405.

218) Urban W., *TOC implementation in a medium-scale manufacturing system with diverse product rooting*, „Production & Manufacturing Research" 2019, nr 7(1), s. 178-194.

219) Urbaniak M., *Przesłanki związane z wdrażaniem narzędzi doskonalenia systemów zarządzania jakością*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu", 2017, nr 463, s. 261-273.

220) Valamede S.L., Akkari C.S.A., *Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean, Manufacturing Tools and Digital Technologies*, „International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences" 2020, nr 5(5), s. 851-868.

221) Vanichchinchai A., *The Effect of Lean Manufacturing on a Supply Chain Relationship and Performance*, „Sustainability" 2019, nr 11, s. 1-15.

222) Varela L., Araújo A., Ávila P., Castro H., Putnik G., *Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability*, „Sustainability" 2019, nr 11(5), 1439, s. 1-19.

223) Vidal G.H., *Deterministic and Stochastic Inventory Models in Production Systems: a Review of the Literature*, „Process Integration and Optimization for Sustainability" 2023, nr 7(1-2), s. 29-50.

224) Wawak S., Rogala P., Dahlgaard-Park S.M., *Research trends in quality management in years 2000-2019*, „International Journal of Quality and Service Sciences" 2020, nr 12(4), s. 417–433.

225) Widłok S., *Planowanie produkcji i dystrybucji*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2016.

226) Wityk A., *Zasady Lean Manufacturing* [w:] D. Stadnicka (red.), *Lean Manufacturing Kompendium wiedzy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2021.

227) Woeppel M.J., *Jak wdrożyć teorię ograniczeń w firmie produkcyjnej: Poradnik praktyka*, MintBooks, Warszawa 2009.

228) Wolniak R., Skotnicka B., *Metody i narzędzia zarządzania jakością: teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008, s. 27.

229) Womack J.P., Jones D.T., *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*, „Journal of the Operational Research Society" 1997, nr 48(11), s. 10-57.

230) Womack P.J., Jones T.D., Roos D., *The machine that changed the world*, Free Press, 1990.

231) Yu Ch., Matta A., *A statistical framework of data-driven bottleneck identification in manufacturing systems,* „International Journal of Production Research" 2016, nr 54(21), s. 6317-6332.

232) Zahraee S.M., Tolooie A., Abrishami S.J., Shiwakoti N., Stasinopoulos P., *Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation*, „Procedia Manufacturing" 2020, nr 51, s. 1379-1386.

233) Zakrzewski B., Zakrzewska D., *Przedsiębiorstwo produkcyjne i procesy realizowane w sferze produkcji,* „Logistyka" 2014, nr 3, s. 6965-6976.

234) Źródło-Loda M., *Outsourcing w zarządzania organizacją* [w:] „Prace Naukowo-Dydaktyczne PWSZ im. S. Pigonia w Krośnie" 2015, z. 68, s. 393-411.

235) Żmigrodzki P. (red.), *Wielki słownik języka polskiego*, https://wsjp.pl/haslo/podglad/26974/systematyka, [dostęp: 17.02.2023]

.

Spis rysunków

Rysunek 1.1. Struktura procesu produkcyjnego i wytwórczego 19

Rysunek 1.2. Strukturalny podział procesu technologicznego 23

Rysunek 1.3. Rozmieszczenie gniazda a) technologicznego (T-tokarki, F-frezarki, S-szlifierki, I- inne maszyny); b) przedmiotowego..... 27

Rysunek 1.4. Schemat struktury cyklu produkcyjnego..... 29

Rysunek 1.5. Uogólniony model systemu produkcyjnego..... 33

Rysunek 1.6. Kształtowanie jakości produktu w procesie wytwarzania i eksploatacji 36

Rysunek 1.7. Dekompozycja systemu produkcyjnego..... 37

Rysunek 1.8. Dwupoziomowe otoczenie systemu produkcyjnego 43

Rysunek 1.9. Przedsiębiorstwo jako układ względnie odosobniony 46

Rysunek 2.1. Metoda Pięciu Kroków Skupienia według Teorii Ograniczeń..... 54

Rysunek 2.2. Graficzna interpretacja metody Werbel-Bufor-Lina 68

Rysunek 3.1. Porównanie kosztów jakości w ujęciu tradycyjnym i podejściu Six Sigma 96

Rysunek 3.2. Interpretacja Six Sigma – rozkład normalny..... 97

Rysunek 3.3. Zależność między szerokością procesu a jego wycentrowaniem..... 99

Rysunek 3.4. Możliwość naprzemiennego stosowania 3 etapów procedury DMAIC 105

Rysunek 3.5. Historia rozwoju Total Quality Management..... 109

Rysunek 3.6. Cykl Lean Six Sigma 123

Rysunek 4.1. Struktura przedsiębiorstw poligraficznych w Polsce ze względu na ich wielkość w roku 2020 128

Rysunek 4.2. Liczba przedsiębiorstw poligraficznych w poszczególnych grupach w latach 2015-2020..... 128

Rysunek 4.3. Technologie wykorzystywane przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku 130

Rysunek 4.4. Planowane nakłady inwestycyjne na najbliższe 2-3 lata przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku 132

Rysunek 4.5. Przyjęte przez przedsiębiorstwa cele inwestycyjne na najbliższe 2-3 lata przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku..... 133

Rysunek 4.6. Planowane wdrożenia rozwiązań proekologicznych przez przedsiębiorstwa poligraficzne w Polsce w 2022 roku 135

Rysunek 5.1. Liczba palet przed każdym procesem w przedsiębiorstwie A 149

Rysunek 5.2. Wydajność godzinowa procesów produkcyjnych wyznaczona na podstawie skorygowanych wartości C/T (arkusz/godzinę) w przedsiębiorstwie A 158

Rysunek 5.3. Liczba oczekujących palet przed procesem w przedsiębiorstwie B 161

Rysunek 5.4. Wydajność godzinowa procesów produkcyjnych wyznaczona na podstawie skorygowanych wartości C/T (arkusz/godzinę) w przedsiębiorstwie B 169

Rysunek 5.5. Metodyka identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej 172

Rysunek 6.1. Struktura zbadanych przedsiębiorstw ze względu na ich wielkość 175

Rysunek 6.2. Zasięg terytorialny działalności zbadanych przedsiębiorstw 176

Rysunek 6.3. Znajomość i wykorzystanie Teorii Ograniczeń 177

Rysunek 6.4. Koncepcje doskonalenia procesów wykorzystywane w przedsiębiorstwach..... 179

Rysunek 6.5. Działania usprawniające przepływ procesów podejmowane przez przedsiębiorstwa w ostatnich trzech latach 181

Rysunek 6.6. Czynniki decydujące o podejmowaniu działań usprawniających .. 185

Rysunek 6.7. Zmiana wskaźników operacyjnych zbadanych przedsiębiorstw w ostatnich trzech latach..... 188

Rysunek 6.8. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) 191

Rysunek 6.9. Obecne wąskie gardło w przepływie produkcji badanych przedsiębiorstw 197

Rysunek 6.10. Systematyczność i celowość obserwacji procesu produkcyjnego..... 200

Rysunek 6.11. Parametry procesu produkcyjnego analizowane przez badane przedsiębiorstwa 201

Rysunek 6.12. Straty procesu produkcyjnego monitorowane przez badane przedsiębiorstwa 204

Rysunek 6.13. Histogramy przedstawiające liczbę obserwacji trzech wskaźników operacyjnych w grupie respondentów wykorzystujących i niewykorzystujących TO 212

Rysunek 6.14. Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach..... 214

Rysunek 6.15. Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 215

Rysunek 6.16. Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 217

Rysunek 6.17. Zmiana organizacji pracy, na przykład uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 218

Rysunek 6.18. Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 219

Rysunek 6.19. Dostawienie dodatkowej maszyny do procesu a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach..... 220

Rysunek 6.20. Zlecenie części produkcji podwykonawcy a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 222

Rysunek 6.21. Histogramy przedstawiające liczbę obserwacji ograniczenia dotyczącego wydajności maszyny w trzech grupach respondentów 223

Rysunek 6.22. Histogramy przedstawiające liczbę obserwacji bariery związanej z brakiem funduszy na wdrożenie TO w trzech grupach respondentów 225

Rysunek 6.23. Ograniczenia występujące w badanych przedsiębiorstwach..... 227

Rysunek 6.24. Systematyka ograniczeń branży poligraficznej..... 233

Spis tabel

Tabela 1.1. Czynniki ryzyka otoczenia zewnętrznego wpływające na funkcjonowanie systemu produkcyjnego 47

Tabela 1.2. Czynniki ryzyka otoczenia wewnętrznego wpływające na funkcjonowanie systemu produkcyjnego 48

Tabela 2.1. Rodzaje ograniczeń 59

Tabela 2.2. Metody identyfikacji wąskich gardeł w przemyśle 62

Tabela 2.3. Charakterystyka kroków wdrożenia SMED 71

Tabela 2.4. Charakterystyka metody 5S 73

Tabela 3.1. Główne narzędzia Lean Manufacturing w kontekście produkcyjnym 91

Tabela 3.2. Wartość Sigma a prawdopodobieństwo wystąpienia DPMO 98

Tabela 3.3. System pasów w Six Sigma 101

Tabela 3.4. Etapy techniki DMAIC – ograniczenie zmienności istniejących procesów 103

Tabela 3.5. Instrumentarium zarządzania jakością 115

Tabela 3.6. Porównanie sposobów doskonalenia 122

Tabela 5.1. Lista pytań mająca na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła 146

Tabela 5.2. Czas aktywności procesów badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa A 150

Tabela 5.3. Czas cyklu procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwie A 151

Tabela 5.4. Czas cyklu procesu składania i klejenia w przedsiębiorstwie A 151

Tabela 5.5. Wyroby niespełniające norm jakościowych w przedsiębiorstwie A . 153

Tabela 5.6. Czas strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie A 154

Tabela 5.7. Czasy cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie A 155

Tabela 5.8. Zaangażowanie procesów i skorygowany C/T w przedsiębiorstwie A 156

Tabela 5.9. Wyniki przeprowadzonej analizy badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa A 157

Tabela 5.10. Lista pytań mająca na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła – przedsiębiorstwo A 158

Tabela 5.11. Czas aktywności procesów badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa B 162

Tabela 5.12. Czas cyklu procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwie B 162

Tabela 5.13. Czas cyklu procesu składania i klejenia w przedsiębiorstwie B 163

Tabela 5.14. Wyroby niespełniające norm jakościowych w przedsiębiorstwie B164

Tabela 5.15. Czas strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie B..... 165

Tabela 5.16. Czasy cyklu procesów z uwzględnieniem strat produkcyjnych w przedsiębiorstwie B 166

Tabela 5.17. Zaangażowanie procesów i skorygowany C/T w przedsiębiorstwie B 167

Tabela 5.18. Wyniki przeprowadzonej analizy badanego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa B 168

Tabela 5.19. Lista pytań mająca na celu potwierdzenie zidentyfikowanego wąskiego gardła – przedsiębiorstwo B..... 169

Tabela 6.1. Wielkość przedsiębiorstwa a znajomość i wykorzystanie Teorii Ograniczeń 178

Tabela 6.2. Wykorzystanie innych koncepcji doskonalenia procesów w zależności od wielkości przedsiębiorstwa 180

Tabela 6.3. Wielkość przedsiębiorstwa a podejmowane działania usprawniające procesy w ostatnich trzech latach..... 183

Tabela 6.4. Wielkość przedsiębiorstwa a czynniki wpływające na decyzje o podejmowaniu działań usprawniających 186

Tabela 6.5. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w małych przedsiębiorstwach..... 193

Tabela 6.6. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w średnich przedsiębiorstwach 194

Tabela 6.7. Bariery, które występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w dużych przedsiębiorstwach 195

Tabela 6.8. Wielkość przedsiębiorstwa a proces produkcyjny stanowiący obecnie wąskie gardło w przepływie produkcji 198

Tabela 6.9. Wielkość przedsiębiorstwa a systematyczność i celowość obserwacji procesu produkcyjnego 200

Tabela 6.10. Wielkość przedsiębiorstwa a systematyczność zbierania i analizy parametrów procesu 202

Tabela 6.11. Wielkość przedsiębiorstwa a zbieranie pełnych informacji o stratach procesu produkcyjnego 205

Tabela 6.12. Wyniki testu chi-kwadrat dla zmiennych dotyczących wielkości przedsiębiorstwa i wykorzystanie TO. 209

Tabela 6.13. Wykorzystywanie Teorii Ograniczeń w zarządzaniu przedsiębiorstwem a wielkość przedsiębiorstwa 209

Tabela 6.14. Podstawowe statystyki opisowe badanych zmiennych porządkowych (wskaźników operacyjnych) 210

Tabela 6.15. Wykorzystanie Teorii Ograniczeń w zarządzaniu przedsiębiorstwem a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 211

Tabela 6.16. Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 213

Tabela 6.17. Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 215

Tabela 6.18. Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 216

Tabela 6.19. Zmiana organizacji pracy a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 217

Tabela 6.20. Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 219

Tabela 6.21. Dostawienie dodatkowej maszyny do procesu a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 220

Tabela 6.22. Zlecenie części produkcji podwykonawcy a zmiana wskaźników operacyjnych w ostatnich trzech latach 221

Tabela 6.23. Związek pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa i jego możliwymi ograniczeniami 223

Tabela 6.24. Związek pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa i barierami 224

Tabela 6.25. Wielkość przedsiębiorstwa a rodzaj potencjalnego ograniczenia 228

Załącznik – kwestionariusz badawczy

Szanowni Państwo,

niniejszy kwestionariusz ankiety posłuży do przygotowania rozprawy doktorskiej pt. „*Metodyka identyfikacji ograniczeń w systemach produkcyjnych branży poligraficznej*”. Praca powstaje na Wydziale Inżynierii Zarządzania Politechniki Białostockiej pod kierunkiem dr hab. inż. Wiesława Urbana, prof. PB.

Badanie ma na celu rozpoznanie stanu i możliwości wykorzystania Teorii Ograniczeń w branży poligraficznej.

Udział w badaniu jest anonimowy, a wskazane przez Państwa odpowiedzi zostaną wykorzystane wyłącznie do celów naukowych i przedstawione w postaci opracowań zbiorczych.

Dziękuję za udział w badaniu i udzielenie rzetelnych odpowiedzi na poniższe pytania. W przypadku pojawienia się jakichkolwiek pytań związanych z kwestionariuszem, Teorią Ograniczeń oraz wynikami badań bardzo proszę o kontakt na adres p.rogowska@pb.edu.pl.

Z wyrazami szacunku,

mgr inż. Patrycja Rogowska

CZĘŚĆ I – OGRANICZENIE

1. Czy znają Państwo oraz praktycznie wykorzystują Teorię Ograniczeń w zarządzaniu przedsiębiorstwem? *(Proszę zaznaczyć jedną odpowiedź)*	
1) Wykorzystujemy	□
2) Znamy, ale nie wykorzystujemy	□
3) Nie znamy	□

2. Jakie inne koncepcje doskonalenia procesów stosują Państwo w przedsiębiorstwie? *(Można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź. Dodatkowo można wskazać własny wariant odpowiedzi.)*	
1) Lean Management	□
2) Six Sigma	□
3) Lean Six Sigma	□
4) Kompleksowe zarządzanie jakością (TQM)	□
5) Metody zarządzania procesami biznesowymi (BPM)	□
6) Statystyczna kontrola procesów (SPC)	□
7) ISO 9001 i inne znormalizowane systemy	□
8) Inne – jakie? *(proszę wskazać)*	

***OBJAŚNIENIE**:*

Teoria ograniczeń (Theory of Constraints, ToC) to filozofia zarządzania i doskonalenia organizacji polegająca na znajdowaniu ograniczenia, a następnie na poprawie jego funkcjonowania. ***Ograniczenie*** *to czynnik* ***utrudniający i aktualnie blokujący (ograniczający) pełne wykorzystanie możliwości przedsiębiorstwa****. Czynniki te mogą znajdować się wewnątrz przedsiębiorstwa, ale i w jego otoczeniu. Czynniki wewnętrzne dotyczą bezpośrednio systemu produkcyjnego (wąskie gardła) oraz występują poza jego obszarem.*

3. Proszę ocenić niżej wymienione czynniki jako możliwe ograniczenia w Państwa przedsiębiorstwie.

(Proszę oszacować potencjalne występowanie istniejących ograniczeń w skali od 1 do 5. Dodatkowo można wpisać i ocenić własne warianty odpowiedzi.)

	nie występuje	raczej nie występuje	trudno powiedzieć	raczej występuje	występuje
1) Skala popytu na wyroby	①	②	③	④	⑤
2) Obowiązujące normy prawne	①	②	③	④	⑤
3) Ograniczona liczba (monopol) dostawców	①	②	③	④	⑤
4) Konflikty między różnymi działami	①	②	③	④	⑤
5) Nieprawidłowy obieg informacji	①	②	③	④	⑤
6) Brak synchronizacji między działem sprzedaży a działem produkcji	①	②	③	④	⑤
7) Zbyt mała przestrzeń produkcyjna	①	②	③	④	⑤
8) Polityka rozwojowa przedsiębiorstwa	①	②	③	④	⑤
9) Zbyt duża różnorodność asortymentu	①	②	③	④	⑤
10) Wydajność maszyny	①	②	③	④	⑤
11) Przestarzała technologia	①	②	③	④	⑤
12) Niedopasowana technologia	①	②	③	④	⑤
13) System planowania produkcji	①	②	③	④	⑤
14) Opóźnienia w dostawie materiałów na stanowisko produkcyjne	①	②	③	④	⑤
15) Problemy z dostawami surowców od dostawców	①	②	③	④	⑤
16) Niedostępność pracowników	①	②	③	④	⑤
17) Inne – jakie? *(Proszę wymienić i ocenić)*	①	②	③	④	⑤

4. Proszę wskazać działania usprawniające przepływ procesów podejmowane w Państwa przedsiębiorstwie w ostatnich 3 latach.

(Można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź. Dodatkowo można wskazać własny wariant odpowiedzi.)

1) Skrócenie czasu przejścia wyrobu przez proces ☐
2) Skrócenie czasu przezbrojenia maszyn ☐
3) Eliminacja/skrócenie czasu innych strat produkcyjnych, takich jak awarie, przestoje, wadliwość wyrobu itd. ☐
4) Elastyczne przenoszenie pracowników pomiędzy stanowiskami ☐
5) Zmiana organizacji pracy, np. uruchomienie dodatkowej zmiany produkcyjnej ☐
6) Zakup maszyny o lepszych parametrach wydajnościowych ☐
7) Dostawienie dodatkowej maszyny do procesu ☐
8) Zlecenie części produkcji podwykonawcy ☐
9) Inne– jakie? *(Proszę wskazać)*

5. Proszę wskazać czynniki, które wpłynęły na decyzję o podejmowanych działaniach usprawniających zaznaczonych w pytaniu 4.

(Można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź. Dodatkowo można wskazać własny wariant odpowiedzi.)

1) Poprawa satysfakcji klientów ☐
2) Poprawa elastyczności produkcji ☐
3) Poprawa wydajności produkcji ☐
4) Zbalansowanie przepływu ☐
5) Decyzja odgórna, np. zarządu, korporacji ☐
6) Podniesienie zdolności produkcyjnej ☐
7) Lepsze wykorzystanie czasu pracy pracowników ☐
8) Zwiększony popyt na produkowane wyroby ☐
9) Zapewnienie dobrych terminów realizacji zleceń ☐
10) Duża różnorodność oferowanych wyrobów ☐
11) Poszerzenie oferowanego asortymentu ☐
12) Realizacja strategii rozwoju przedsiębiorstwa ☐
13) Możliwość pozyskania dotacji ☐
14) Inne – jakie? *(Proszę wskazać)*

6. Proszę oszacować, jak zmieniły się Państwa wskaźniki operacyjne w ostatnich 3 latach? *(Proszę ocenić w skali od 1 do 5korzyść z każdego wskaźnika)*					
	znaczne pogorszenie	niewielkie pogorszenie	brak zmian	niewielka poprawa	znaczna poprawa
1) Koszt wytworzenia	①	②	③	④	⑤
2) Terminowość zleceń	①	②	③	④	⑤
3) Czas realizacji zamówienia	①	②	③	④	⑤
4) Poziom zapasów	①	②	③	④	⑤
5) Czas cyklu produkcyjnego	①	②	③	④	⑤

OBJAŚNIENIE:

Wykorzystanie Teorii Ograniczeń (TO) polega na przeprowadzaniu pięciu kroków ciągłego doskonalenia:

1. *Identyfikacja ograniczenia – ustalenie miejsca, które powstrzymuje system przed osiągnięciem lepszego wyniku.*
2. *Eksploatacja ograniczenia – maksymalne wykorzystanie ograniczenia oraz eliminowanie wszystkiego co powoduje deficyt czasu na zasobie ograniczającym.*
3. *Podporządkowanie – dostosowanie tempa pracy pozostałych zasobów do ograniczenia.*
4. *Wzmocnienie ograniczenia – zlikwidowanie ograniczenia poprzez zmiany niezbędne do przełamania ograniczenia (inwestowanie funduszy w zasoby).*
5. *Powrócenie do kroku pierwszego – doskonalenie systemu poprzez wyszukiwanie i pokonywanie kolejnych ograniczeń.*

7. Jakie bariery występują/mogą wystąpić podczas stosowania Teorii Ograniczeń (TO) w Państwa przedsiębiorstwie?

(Biorąc pod uwagę zamieszczone powyżej objaśnienie proszę ocenić w skali od 1 do 5 każdą wymienioną barierę. Dodatkowo można wpisać i ocenić własny wariant odpowiedzi.)

	zdecydowanie nie	raczej nie	trudno powiedzieć	raczej tak	zdecydowanie tak
1) Brak kompetentnej osoby/osób	①	②	③	④	⑤
2) Brak dostatecznej wiedzy	①	②	③	④	⑤
3) Brak dostępności do szkoleń	①	②	③	④	⑤
4) Kosztowne szkolenia/ konsultacje z zakresu TO	①	②	③	④	⑤
5) Brak poparcia zarządu	①	②	③	④	⑤
6) Brak zaangażowania najwyższego kierownictwa	①	②	③	④	⑤
7) Brak czasu	①	②	③	④	⑤
8) Brak potrzeby wprowadzania zmian	①	②	③	④	⑤
9) Stawianie oporu przez pracowników	①	②	③	④	⑤
10) Obawa przed nowym narzędziem/zmianą	①	②	③	④	⑤
11) Obawa przed nieudanym wdrożeniem	①	②	③	④	⑤
12) Konkurencja nie stosuje tego podejścia	①	②	③	④	⑤
13) Nie jest to popularne podejście	①	②	③	④	⑤
14) Zwiększenie liczby obowiązków	①	②	③	④	⑤
15) Brak dodatkowego wynagrodzenia za wdrażanie nowego podejścia	①	②	③	④	⑤
16) TO nie pasuje do wizji naszego przedsiębiorstwa	①	②	③	④	⑤
17) Brak funduszy na wdrożenie TO	①	②	③	④	⑤
18) Jesteśmy za małym przedsiębiorstwem	①	②	③	④	⑤
19) Inne – jakie? (Proszę wymienić i ocenić)	①	②	③	④	⑤

CZĘŚĆ II – OGRANICZENIE PRZEDSIEBIORSTWA

Poniższe odpowiedzi posłużą do ustalenia aktualnego wąskiego gardła systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa oraz poziomu trudności wyznaczania wąskiego gardła. ***Wąskie gardło to ograniczenie, które ma miejsce w przepływie procesu produkcyjnego.***

1. Proszę wskazać proces produkcyjny, który według Państwa jest obecnie wąskim gardłem (dotyczy tylko przepływu produkcyjnego). *(Proszę zaznaczyć tylko jedną odpowiedź. Dodatkowo można wpisać własny wariant odpowiedzi.)*	
1) Druk offsetowy	□
2) Fleksografia	□
3) Sitodruk	□
4) Wklęsłodruk	□
5) Druk cyfrowy	□
6) Lakierowanie	□
7) Laminowanie	□
8) Złocenie (na zimno)	□
9) Złocenie (na gorąco)	□
10) Sztancowanie	□
11) Wykrawanie	□
12) Okienkowanie	□
13) Okienkowanie z bigowaniem	□
14) Klejenie liniowe	□
15) Tłoczenie Braille'a (na sklejarkach)	□
16) Klejenie wielopunktowe	□
17) Składanie	□
18) Inny – jaki? (*Proszę wymienić)*	

	TAK	NIE
2. Czy w sposób systematyczny i celowy prowadzą Państwo obserwację procesu produkcyjnego pod kątem: *(Proszę zaznaczyć odpowiedzi dla każdego wariantu)*		
1) Bezczynności procesów	□	□
2) Zapasów międzyprocesowych	□	□
3) Aktywności procesów	□	□
3. Które parametry procesu są systematycznie zbierane oraz poddawane analizom? *(Proszę zaznaczyć odpowiedzi dla każdego wariantu)*		
1) Czasy cyklu procesów	□	□
2) Czasy pracy maszyny (czas produkcji)	□	□
3) Stopień wykorzystania maszyn	□	□
4) Wielkość partii każdego procesu	□	□
5) Liczba zleceń produkcyjnych na poszczególnych procesach	□	□
4. O których stratach procesu produkcyjnego zbierają Państwo pełną informację w przedsiębiorstwie? *(Proszę zaznaczyć odpowiedzi dla każdego wariantu. Dodatkowo można wpisać własne warianty odpowiedzi)*		
1) Awarie	□	□
2) Naprawy	□	□
3) Czyszczenie maszyny	□	□
4) Czas oczekiwania	□	□
5) Ustawienie maszyn	□	□
6) Czas przezbrojenia maszyn	□	□
7) Wyroby niespełniające wymagań jakościowych	□	□
8) Inne – jakie? (*Proszę wymienić)*		

CZĘŚĆ III – DANE O PRZEDSIĘBIORSTWIE

1. Wielkość przedsiębiorstwa
(Proszę zaznaczyć właściwy wariant)

- ☐ małe *(średnioroczny poziom zatrudnienia <50 osób; roczny obrót netto <10 mln EUR)*
- ☐ średnie *(średnioroczny poziom zatrudnienia <250 osób; roczny obrót netto <50 mln EUR)*
- ☐ duże *(średnioroczny poziom zatrudnienia >250 osób; roczny obrót netto >50 mln EUR)*

2. Proszę wskazać zasięg działalności przedsiębiorstwa
(Można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź)

- ☐ rynek lokalny (obszar miasta, gminy)
- ☐ rynek regionalny (obszar województwa)
- ☐ rynek krajowy
- ☐ rynek zagraniczny – Unia Europejska
- ☐ rynek zagraniczny – pozostałe kraje Europy
- ☐ rynek zagraniczny – Azja i/lub Ameryka i/lub Afryka i/lub Australia