

Piotr KAMIŃSKI<sup>1</sup>, Joanna KOCZUR<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Robert DROBINA<sup>3</sup>

## **PRZEGLĄD WYBRANYCH METOD ZARZĄDZANIA PRZEDSIĘBIORSTWEM POD KĄTEM ELIMINACJI WĄSKIEGO GARDŁA W PROCESIE PRODUKCYJNYM**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wybrane metody zarządzania przedsiębiorstwem oraz próby ich adaptacji przy eliminacji wąskiego gardła w wybranym przedsiębiorstwie.

**Słowa kluczowe:** Lean, TOC, wąskie gardło, ARENA

## **REVIEW OF SELECTED METHODS OF BUSINESS MANAGEMENT IN TERMS OF BOTTLENECK REMOVAL IN THE PRODUCTION PROCESS**

**Abstract:** The article presents selected methods of business management and their adaptation attempts while eliminating the bottleneck in a selected enterprise.

**Keywords:** Lean, TOC, bottleneck, ARENA

### **1. Wstęp**

Przełomowe odkrycia w świecie, powodujące rozpędzenie gospodarki światowej, noszą nazwę rewolucji przemysłowych (rys. 1). Pierwsza miała swój początek w 1784 r. i była rezultatem rozpowszechnienia napędu parowego. Zastąpił on pracę mięśni ludzkich pracą maszyny. Spowodował również rozwój środków lokomocji (do których zaliczał się parowóz) oraz gwałtowny rozwój produkcji i dystrybucji. Druga rewolucja przemysłowa miała miejsce w 1870 roku, w którym to nastąpiło uruchomienie pierwszej linii przetwórstwa mięsnego w Cincinnati i nadejście ery powstawania linii produkcyjnych, opartych na elektryczności oraz produkcji masowej. Masowa produkcja spowodowała, że tak wytwarzane produkty stawały się

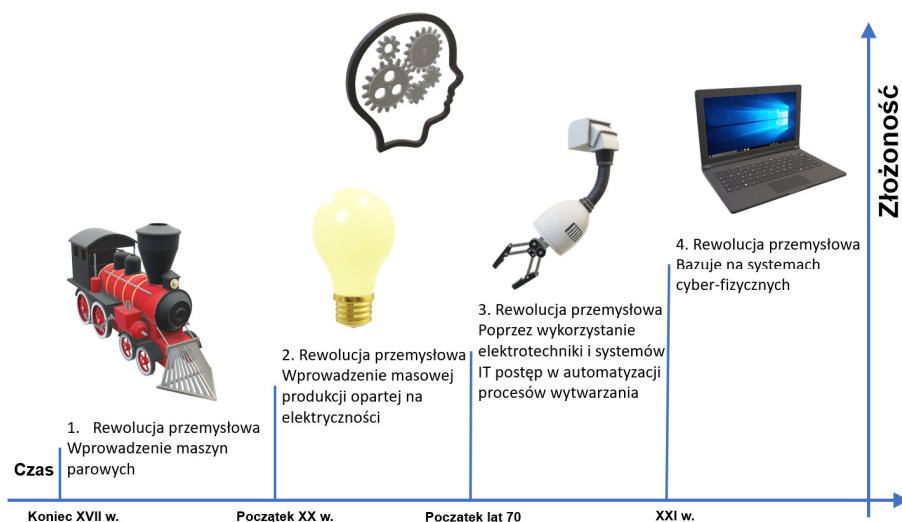
---

<sup>1</sup> mgr inż. Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Inżynieria Produkcji

<sup>2</sup> dr Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji, email: joanna.koczur@us.edu.pl

<sup>3</sup> dr hab. inż. prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: rdrobina@ath.bielsko.pl

tańsze oraz charakteryzowały się powtarzalnością i wyższą jakością wytworzenia. W tym okresie powstała również linia produkcyjna Henry'ego Forda w 1913 roku [1]. Kolejna rewolucja przemysłowa była związana z wykorzystaniem w przemyśle sterowników logicznych programowalnych. Pierwszy z nich o nazwie Modicon 084 został wprowadzony w 1969 roku. Przyczynił się on do automatyzacji całego cyklu produkcyjnego w przedsiębiorstwach poprzez automatyzację jednej maszyny lub procesu. Wprowadzone sterowniki sterowały w sposób automatyczny pracą obrabiarek sterowanych numerycznie i robotów przemysłowych. Nastąpił wówczas trwający do dziś gwałtowny rozwój elektroniki, systemów IT oraz automatyzacja procesów wytwarzania. Czwarta rewolucja przemysłowa zwana również Przemysłem 4.0, Industry 4.0, Industrie 4.0, była kolejnym fundamentalnym krokiem w świecie produkcji (zmiana na drodze ewolucji technologii). Została przedstawiona po raz pierwszy w 2011 w Niemczech, dlatego rok ten uważa się za początek czwartej rewolucji przemysłowej [1, 2].



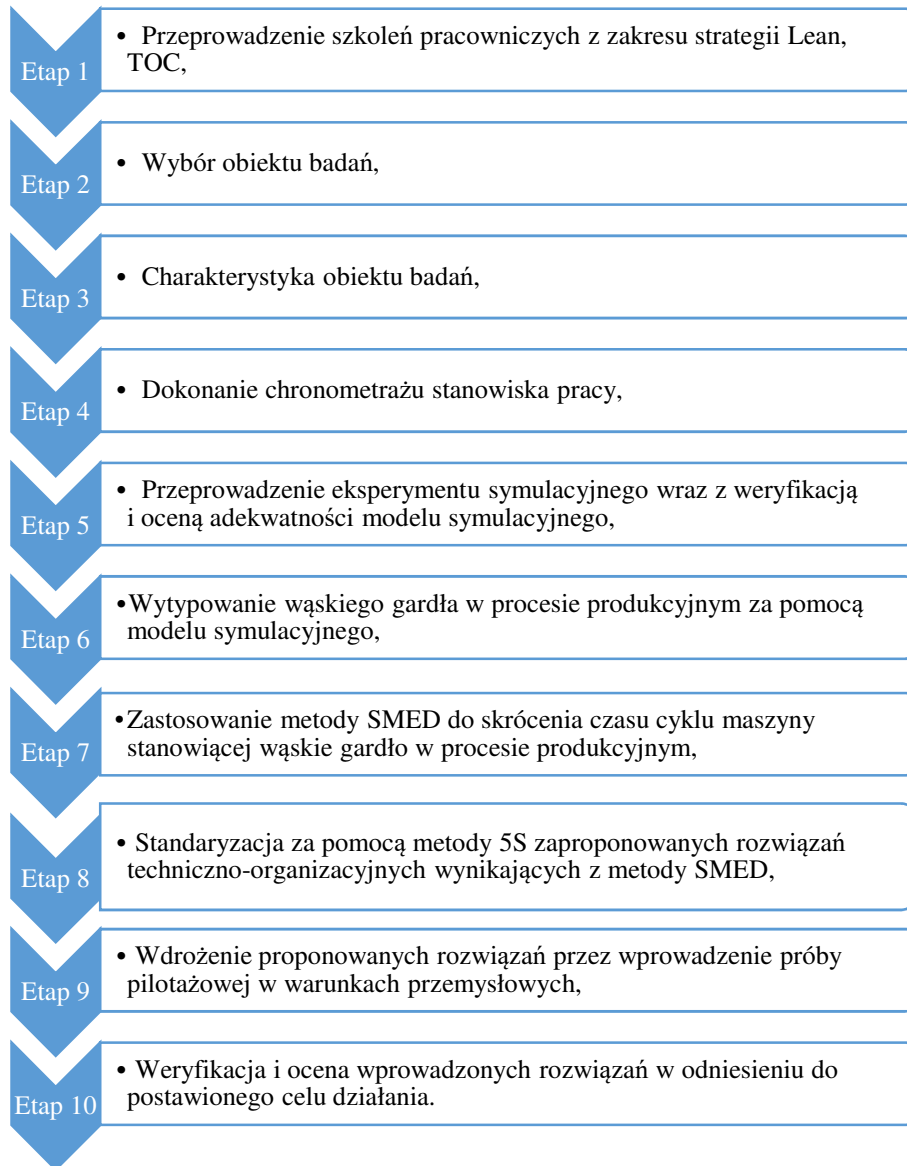
Rysunek 1. Fazy rozwoju rewolucji przemysłowej na przestrzeni czasu [1]

Celem niniejszego artykułu jest próba ukazania różnorodności w definiowaniu oraz identyfikacji funkcjonujących metod zarządzania procesami produkcyjnymi poprzez eliminację strat produkcyjnych oraz wąskich gardeł. Przedstawiono metody realizacji koncepcji Lean i Teorii Ograniczeń oraz określono możliwości ich współdziałania w przedsiębiorstwach produkcyjnych w odniesieniu do literatury przedmiotu.

## 2. Włączenie koncepcji Lean i TOC w celu poprawy wydajności w procesie produkcyjnym

Przeprowadzenie badań w warunkach przemysłowych i zastosowanie konkretnych narzędzi wspomagających w realnych warunkach napotyka na szereg ograniczeń. Dokonanie identyfikacji wdrożenia określonych narzędzi wspomagających wymaga przeprowadzenia eksperymentu czynnego zakłócającego

warunki normalnej eksploatacji, dlatego w ramach artykułu postanowiono przedstawić wybrane metody LEAN w połączeniu z TOC, które są najczęściej stosowane w przedsiębiorstwach produkcyjnych na świecie.



Rysunek 2. Ogólny schemat najczęściej wykorzystywanych etapów postępowania podczas eliminacji wąskiego gardła w procesie produkcyjnym

Poprawę wydajności operacji stanowiącej wąskie gardło można osiągnąć poprzez zdublowanie stanowiska produkcyjnego. Wiąże się to z dużymi nakładami finansowymi na zakup nowej maszyny oraz zatrudnienie dodatkowego pracownika,

jego wyszkolenie. Nowo rozmieszczona maszyna wymaga odpowiedniej przestrzeni roboczej spełniającej warunki BHP [3]. Innym podejściem do poprawy wydajności w przedsiębiorstwie są metody zmiany struktury organizacyjnej stanowiska pracy przedstawione w Lean i TOC. Podstawowym czynnikiem determinującym podjęte działania podczas reorganizacji stanowiska pracy jest czas, o jaki należy skrócić trwanie operacji stanowiącej wąskie gardło tak, aby przestała ona nim być. W wyznaczeniu tego czasu należy posłużyć się opracowanym modelem symulacyjnym. Na jego podstawie należy wykonać eksperyment symulacyjny polegający na wyznaczeniu, o jaki czas należy skrócić czas cyklu tak, aby dana operacja przestała stanowić wąskie gardło w procesie produkcyjnym. Metodę postępowania podczas wyznaczenia i eliminacji wąskiego gardła przedstawiono na rys. 2.



Etap 1

•Przeprowadzenie szkoleń pracowniczych z zakresu metod Lean, TOC

Wiedza, jaką posiadają pracownicy na co dzień obsługujący daną maszynę wzbogacona o metody postępowania oparte o LEAN , TOC [4] podczas wdrażania nowych pomysłów przyczynić się może do zmniejszenia kosztów oraz maksymalizacji wydajności pracy niejednokrotnie przy zwiększonej ergonomii i bezpieczeństwie pracownika.



Etap 2

•Wybór obiektu badań

Wyboru obiektu badań należy dokonać w drodze identyfikacji technologicznej procesu produkcyjnego prowadzonego w danym przedsiębiorstwie.



Etap3

•Charakterystyka obiektu badań

W celu pełniejszego poznania zachodzących zjawisk na danych stanowiskach produkcyjnych należy wyznaczyć plan badań oraz zdefiniować atrybuty interesujących cech, określić poziom szczegółowości oraz zakres prowadzonych badań. Następnie należy opracować model, który uwzględni najważniejsze cechy, ich relacje w systemie istotne dla badanego zagadnienia [5]. Zależnie od tego, czy mamy możliwość dokładnego opisu zmiennych wejściowych czy nie, możemy mówić o przeprowadzeniu symulacji deterministycznej (zmienne wejściowe są niekontrolowane) lub symulacji probabilistycznej (zmienne wejściowe opisane

rozkładami statystycznymi). Dodatkowo zmienne mogą posiadać charakter dyskretny lub ciągły[6].

Etap4

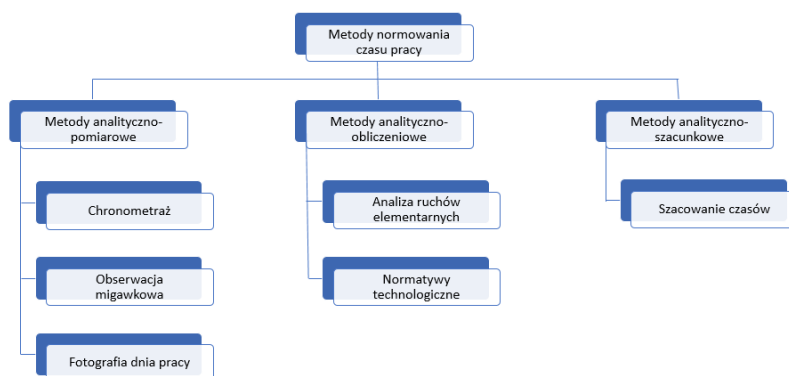
**•Dokonanie normowania czasu pracy na stanowiskach produkcyjnych rozpatrywanego procesu technologicznego**

Podczas dokonywania normowania czasu pracy na stanowisku należy tak przedstawić program badań, aby uwzględnił reprezentatywną licznosc próbek do pomiaru z wielkości populacji.

Analizując proces technologiczny przedsiębiorstwa, można posłużyć się jedną z metod normowania czasu pracy. Polega ona na ustaleniu i oszacowaniu, jaki czas jest potrzebny pracownikowi na wykonanie konkretnego zadania produkcyjnego przy określonym stopniu szczegółowości, w określonych warunkach pracy. Mierzeniu podlegają przede wszystkim te operacje, które są powtarzalne [7]. Podczas normowania czasu pracy posługuje się następującymi terminami [8]:

- Operacja - jest to część procesu produkcyjnego stanowiąca spójną całość, wykonywana w określonym czasie przez pracownika lub grupę pracowników na jednym stanowisku bez przerwy na inną pracę.
- Zabieg - jest to część operacji, którą można z niej wyodrębnić i oddzielnie nazwać przy niezmiennym sposobie mocowania i parametrach obróbki.
- Czynność - jest to zespół prostych lub złożonych ruchów roboczych wykonywanych przez człowieka, niezbędnych do realizacji zabiegu technologicznego.
- Ruch roboczy - jest to najmniejszy, jaki się da wyodrębnić z reguły niepodzielny element procesu technologicznego tzw. sekwencja ruchów elementarnych.

Analizując literaturę przedmiotu, można stwierdzić, że współcześnie rozpowszechnionych jest kilka metod normowania czasu pracy rys. 3.



Rysunek 3. Metody normowania czasu pracy [9]

**Fotografia dnia pracy** - polega na przeprowadzeniu obserwacji wszystkich prowadzonych przez pracownika działań w ramach procesu produkcyjnego na danym stanowisku pracy. Dokonuje się odnotowania poszczególnych czasów na wykonanie danej czynności z uwzględnieniem czasu postoju i bezczynności pracownika. Z przeprowadzonej fotografii dnia pracy otrzymujemy obraz pracy na konkretnym stanowisku pracy. Metoda ta nie jest związana z żadną konkretną operacją, ale z konkretnym stanowiskiem. Charakteryzuje się ona dużą pracochłonnością, jednak przez wzgląd na skrupulatność stanowi cenne źródło informacji o organizacji pracy na danym stanowisku produkcyjnym [10].

**Obserwacja migawkowa** - polega na obserwacjach stanowiska w losowo wybranych nieregularnych odstępach czasu pracy. Rejestruje się wówczas wszystkie czynności wykonywane w tym czasie przez pracownika oraz zapisuje czas trwania danej czynności. Na tej podstawie określa się stosunek czasu przerwy do czasu pracy. Dzięki tej metodzie można znaleźć przyczyny marnotrawstwa. Należy ona do grupy metod statystycznych, dlatego niezbędna okazuje się odpowiednio duża liczba obserwacji, aby można było wyciągnąć reprezentatywne wnioski oparte o statystykę. Znajduje ona zastosowanie podczas poszukiwania zakłóceń na danym stanowisku pracy [11].

**Chronometraż** - polega na obserwacji tych stanowisk, dla których praca jest powtarzalna. Polega także na wyodrębnieniu z operacji na danym stanowisku poszczególnych zabiegów i czynności powtarzalnych w procesie pracy, a następnie wielokrotnym mierzeniu czasu ich trwania. Obserwacje można przeprowadzić w sposób ciągły tzn. pomiary poszczególnych czynności wykonywane są kolejno jedna po drugiej. Dzięki tej metodzie możliwe jest określenie czasu potrzebnego na wykonanie danej operacji (zabiegu, czynności) w naturalnym rytmie pracy przy określonej liczbie pomiarów. Chronometraż ma największe zastosowanie w sytuacjach, w których pracownik ma największy wpływ na wydajność produkcji. Metoda ta rozwinęła się w drugiej połowie XX w. i w stosunku do fotografii dnia pracy różni się dokładnością pomiarową. Fotografia jest prowadzona w minutach, natomiast chronometraż pozwala mierzyć czas pracy w sekundach lub jej częściach [11].

**Analiza ruchów elementarnych** - bazuje na wcześniej opracowanych normatywach czasu pracy dla poszczególnych ruchów elementarnych. Metoda ta zakłada, że każdą czynność wykonywaną przez człowieka da się rozbić na poszczególne, rozpoznawalne ruchy elementarne. Każdy z tych ruchów ma wyznaczoną stałą wartość czasu trwania, który został wyznaczony doświadczalnie i zamieszczony w tzn. tablicach MTM. Metoda normowania czasu pracy tą metodą sprowadza się do rozbicia poszczególnej pracy na stanowisku do ruchów elementarnych, a następnie przypisania im odpowiednich wartości czasowych. Szczegółowo została ona omówiona w pracy [12].

**Normatywy technologiczne** - dotyczą normowania czasu pracy w przypadku, kiedy człowiek wykonuje pracę na maszynie, gdzie czas trwania danej czynności nie zależy tylko od szybkości i skuteczności pracy człowieka, lecz również od parametrów pracy maszyny. Opracowanie normatywów polega na przeprowadzeniu chronometrażu.

W dalszej kolejności należy przeprowadzić opracowanie wyników z zastosowaniem korelacji i regresji. Budowa normatywów polega na wyznaczeniu zależności czasu trwania czynności od wybranych cech wytwarzanego produktu lub realizowanego procesu [11].

**Szacowanie czasów** - polega na określeniu cech charakterystycznych dla wytwarzanego wyrobu, procesu oraz znalezieniu tzw. wyrobu wzorcowego, dla którego są już znane czasy wykonania konkretnej czynności. Na tej podstawie określa się, ile czasu będzie trwało wykonanie danej czynności dla nowego wyrobu [9]. Przeprowadzone normowanie czasu pracy pozwala uzyskać informację o pracochłonności realizowanych zadań w przedsiębiorstwie przy wykonywaniu różnych elementów, wyrobów. Informację tę można wykorzystać do [13]:

- określenia kosztów robocizny i gotowego wyrobu,
- przestrzegania dyscypliny pracy poprzez kontrolowanie założonych parametrów technicznych,
- analizy zapotrzebowania na pracownika w aspekcie wymaganych kwalifikacji i potrzeb odpowiednich komórek organizacyjnych,
- określenia niezbędnych środków ochrony zbiorowej i indywidualnej.

Obecnie procesy produkcyjne w firmach są szczegółowo planowane i analizowane głównie z ekonomicznego punktu widzenia. Ma to na celu uwzględnienie jak najlepszego wykorzystania zasobów. Gwałtowny rozwój sprzętu komputerowego w ostatnich latach, przyczyniający się do zwiększenia jego mocy obliczeniowej, pozwolił na rozwój oprogramowania wspomagającego produkcję, który stanowi obecnie kluczową rolę zintegrowanego systemu zarządzania przedsiębiorstwem [14].

W wyznaczeniu konkretnej metody normowania czasu pracy na stanowisku powinno się kierować specyfiką produkcyjną rozpatrywanego przedsiębiorstwa. Na podstawie wyznaczonych czasów trwania operacji technologicznych w dalszym kroku należy narysować wykres w postaci histogramu przedstawiający w sposób graficzny rozkład empiryczny czasu trwania danej operacji technologicznej. Na podstawie histogramu należy założyć, jakim rozkładem statystycznym opisana może być zmienność czasu trwania rozpatrywanej operacji w procesie technologicznym. W kolejnym kroku za pomocą testów statystycznych należy dokonać oceny adekwatności wybranego rozkładu. Jeżeli założony model jest adekwatny należy przejść do kroku następnego. Jeżeli nie, należy założyć inny rodzaj rozkładu i przeprowadzić test zgodności założonego rozkładu statystycznego z rozkładem empirycznym.



Etap 5

•Przeprowadzenie eksperymentu symulacyjnego wraz z weryfikacją i oceną adekwatności modelu symulacyjnego

Modelowanie procesów produkcyjnych jest metodą, w której tworzy się komputerowy model rzeczywistego systemu, a następnie przeprowadza się na nim

symulację komputerową. Efektem końcowym przeprowadzenia symulacji jest zestaw raportów końcowych, na podstawie których podejmuje się dalszy program działań. Symulacja komputerowa polega na dokonywaniu eksperymentu na dynamicznych modelach, które opisują istniejący, modyfikowany lub projektowany system. Jej celem badawczym jest uzyskanie informacji (wiedzy) na temat zachowania się badanego systemu w czasie. Natomiast narzędziem wykorzystywanym w symulacji komputerowej, aby osiągnąć cel badawczy, jest program komputerowy, który jest formalną reprezentacją modelu badanego systemu [15].

Wykorzystując symulację komputerową, możliwa jest stosunkowo szybka ocena wpływu poszczególnych decyzji organizacyjnych (usprawnień) na przebieg procesu wytwarzania, aby dokonać wyboru i oceny najlepszego rozwiązania. Modelowanie i symulacja stanowią skuteczne narzędzie do usprawnienia procesu produkcyjnego oraz sprawdzenia zachowania się poszczególnych elementów systemu, a także relacji zachodzących między nimi [16].

Aby przeprowadzić symulację komputerową, niezbędne są 3 elementy rys. 4 należące do nich [17]:

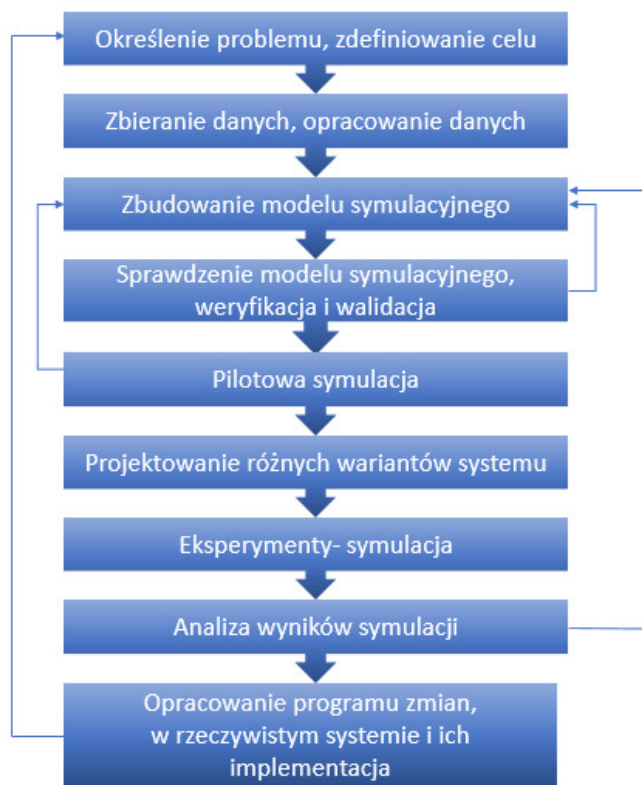
- wejścia - gdzie w pierwszej kolejności należy sformułować problem poprzez określenie danych wejściowych, które umożliwią uzyskanie wymaganych wartości wyjściowych,
- system - opracowanie modelu symulacyjnego, sprawdzenie poprawności modelu, zaplanowanie eksperymentów symulacyjnych, wykonanie przebiegu symulacji,
- wyjścia - określenie rezultatów, wniosków z symulacji, analiza wyników.

Proces wytwarzania można przedstawić jako system składający się z wejść, wyjść i samego procesu. Wejścia stanowią materiały, a wyjścia gotowy wyrób finalny. Natomiast proces symulacji jest szeregiem następujących po sobie operacji (rys. 4.).



Rysunek 4. Elementy symulacji komputerowej [17]





Rysunek 5. Etapy realizacji projektu symulacyjnego [17]

Na początku etapu procesu symulacji należy jasno określić i sformułować zakres i cel przeprowadzanych badań. Kolejnym krokiem jest zebranie poszczególnych danych niezbędnych do określenia parametrów w modelu. Na ich podstawie dokonuje się programowania symulacji na komputerze w dobranym języku programowania symulacyjnego (np. ARENA). Po przeprowadzonej symulacji należy dokonać sprawdzenia poprawności działania modelu, przyrównując jego wyniki do dostępnej wiedzy o zachowaniu się rzeczywistego obiektu badań. W tym celu należy wprowadzić do modelu dane historyczne, przeprowadzić symulację i ocenić, na ile jej wyniki są spójne z rzeczywistością. Wyniki symulacji powinny być zweryfikowane przez ekspertów lub doświadczonych użytkowników. Jest to kluczowy etap procesu symulacji, ponieważ można w nim wychwycić i wyeliminować błędy programu. Etap ten często wymaga zrewidowania wcześniejszych założeń i powtórnej realizacji poprzednich etapów [18]. Do oceny adekwatności modelu stosuje się następujące kroki[19]:

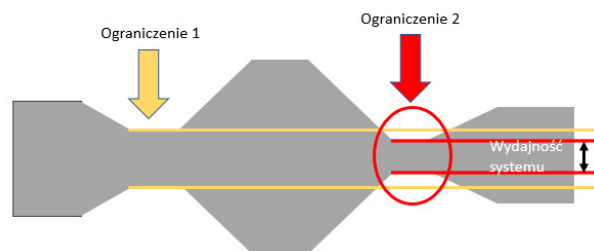
- obserwację pracującego modelu przez osoby niezwiązane z jego tworzeniem,
- prześledzenie w odwrotnym kierunku toku rozumowania przyjętego w trakcie opracowywania modelu,
- sprawdzenie, czy model nie generuje absurdalnych wyników dla typowych danych wejściowych,

- sprawdzenie, czy otrzymywane wyniki mają sens i czy istnieje ich interpretacja w rzeczywistym systemie.  
Jeżeli wiarygodność modelu za pomocą testów nie zostanie podważona, model jest uważany za adekwatny.

### Etap 6

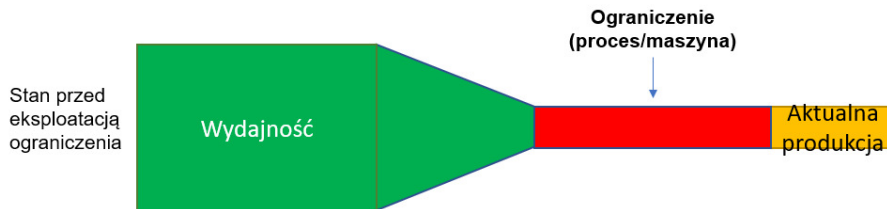
#### •Wytypowanie wąskiego gardła w procesie produkcyjnym za pomocą modelu symulacyjnego

Wytypowanie zasobu stanowiącego wąskie gardło jest kluczowym elementem na drodze eliminacji strat, marnotrawstw w rozpatrywanym procesie technologicznym. Najczęściej może to być zasób (urządzenie, maszyna), której wydajność jest mniejsza spośród wszystkich urządzeń w cyklu produkcyjnym. Taki zasób jest traktowany jako ograniczenie i należy nauczyć się nim zarządzać [20]. Zgodnie z TOC od angielskiego zwrotu „Theory of Constraints” wydajność całego systemu produkcyjnego jest tak duża, jak wydajność procesu, maszyny, która okaże się ograniczeniem (rys. 6).



Rysunek 6. Wydajność systemu według TOC [20]

Wąskie gardło w systemie produkcyjnym decyduje o tym, jakie posiadamy moce produkcyjne, kiedy nastąpi zwrot inwestycji, jaka jest rentowność zakładu. Najczęściej są to miejsca, gdzie tworzą się największe kolejki produktów w toku produkcji. Spośród nich należy wybrać jedno tam, gdzie czeka największy „stos” pracy lub ten, który jest źródłem największych problemów. Można również zadać pytanie, czy w firmie istnieje „kluczowy” zasób, bez którego produkcja by „umarła”? Znaleźcie takiego zasobu jest kluczowe, ponieważ zawsze generuje ono przed sobą kolejkę, która z kolei powoduje zamrożenie impetu produkcji, przez co następuje zwolnienie produkcji na następnych stanowiskach, które są w stanie więcej wytwarzać, ale tego nie robią z powodu braku materiału wejściowego. Zjawisko to można zobrazować jako „lejek”, do którego napływają na górę materiały (rys. 7).



Rysunek 7. Ograniczenie w systemie [21]

Materiały te piętrzą się i czekają na przerób, a wypływające przerobione materiały przepływają przez zwężenie leja (które jest zależne od wydajności zasobu) dużo wolniej niż zasoby wpływające do niego [21].

TOC ma na celu skupić się i dokonać wszelkich reorganizacji stanowiska bądź zakładu tak, aby możliwie poszerzyć zwężkę w „leju”. Zgodnie z filozofią TOC [4, 21, 22] wszelkie zasoby w firmie, niebędące ograniczeniem, mają tak znikome znaczenie dla poprawy efektywności, że nie warto się na nich skupiać i ich mierzyć. Zakłada ona, że zasada Pareto 80/20 mówiąca o tym, że 20% zasobów generuje 80% strat, się nie sprawdza. Zarządzanie ograniczeniami dowodzi, że ten stosunek jest rzędu 99/1. Dlatego tak bardzo ważne jest, aby znaleźć ten główny zasób ograniczający.

Do znalezienia wąskiego gardła przydatne okazuje się zamodelowanie całego procesu technologicznego w programie symulacyjnym. Przeprowadzenie symulacji komputerowej ma celu znalezienie odpowiedzi na zbiór pytań formułowanych przy określaniu planu badawczego.

Dzięki zastosowaniu symulacji komputerowej jesteśmy w stanie wyznaczyć wąskie gardło w procesie produkcyjnym oraz sprawdzić, o ile należy skrócić czas jego pracy poprzez (usprawnienie) obecnego systemu produkcyjnego tak, aby przestało nim być. Dodatkowo przeprowadzenie symulacji umożliwia prześledzenie funkcjonowania systemu produkcyjnego i wykrycie jego „słabych punktów” [23].

Funkcjonowanie rzeczywistego systemu produkcyjnego w modelu symulacyjnym przedstawione jest w sposób graficzny za pomocą animacji, natomiast wyniki symulacji przedstawione są w postaci tabel i wykresów, raportów obrazujących wykorzystanie poszczególnych stanowisk, zasobów produkcyjnych, buforów, obciążeń pracowników, czasu elementu spędzonego w systemie itp.[24].

#### Etap 7

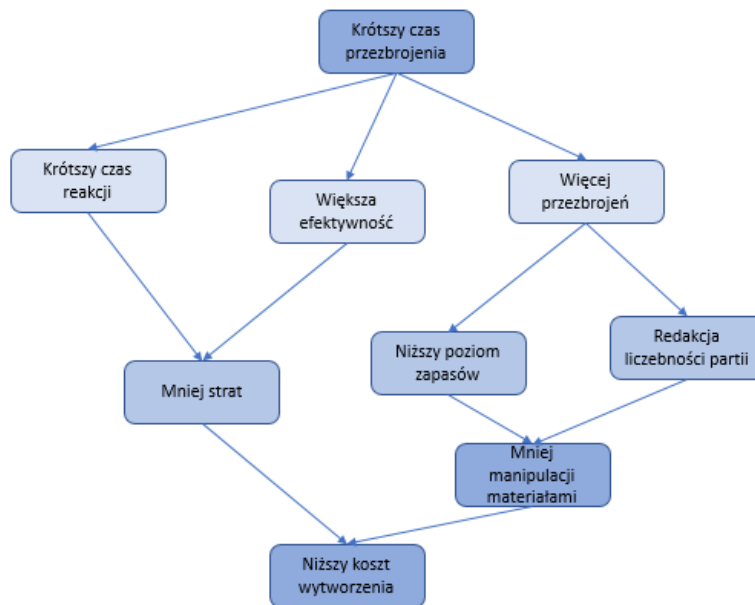
- Zastosowanie metody SMED do skrócenia czasu cyklu maszyny stanowiącej wąskie gardło w procesie produkcyjnym

Analizując literaturę przedmiotu [25, 26, 27], metoda SMED jest najczęściej stosowana w przedsiębiorstwach produkcyjnych na świecie celem eliminacji marnotrawstw w przedsiębiorstwie.

Metoda SMED została opracowana w Japonii przez japońskiego inżyniera Shigeo Shingo, który był jednym z kluczowych architektów słynnego systemu produkcyjnego Toyoty [27].

SMED to skrót od angielskiej nazwy metody: „Single Minute Exchange of Die”, co oznacza jedno – minutową wymianę formy lub narzędzia. Czas przebrojenia jest to czas, jaki mija pomiędzy ostatnim, dobrym produktem poprzedniej produkcji a pierwszym dobrym produktem nowej produkcji. Ideą SMED jest minimalizacja czasu poświęconego na przebrojenia maszyn i urządzeń.

Krótszy czas przebrojenia decyduje o elastyczności systemu produkcyjnego. Im krótszy czas, tym mniejsze straty w oczekiwaniu na przebrojenie i ustawienie maszyn, a więc tym mniejsze partie produktów można produkować opłacalnie [26]. Wpływ czasu przezbajania na niższe koszty wytworzenia został ukazany na rys. 8.



Rysunek 8. Wpływ czasu przebrojenia na koszty wytwarzania [26]

Główną czynnością, jaką należy wykonać podczas wdrażania metody SMED jest wykonanie jak najwięcej czynności poza maszyną, kiedy ona jeszcze pracuje. Dlatego należy dokonać precyzyjnego podziału czynności w trakcie przezbajania na dwie grupy:

- przebrojenie wewnętrzne – tj. operacje, które muszą być wykonane jedynie wtedy, gdy maszyna nie pracuje,
- przebrojenie zewnętrzne – tj. operacje, które mogą być wykonane, gdy maszyna pracuje.

Wyodrębnienie przebrojenia zewnętrznego z wewnętrznego często wymaga zastosowania nowych rozwiązań.

## Etap 8

**•Standaryzacja za pomocą metody 5S zaproponowanych rozwiązań techniczno-organizacyjnych wynikających z metody SMED**

Analizując literaturę przedmiotu [28, 29, 30], metoda 5S jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod podczas wdrażania LEAN w zakładzie produkcyjnym w celu standaryzacji miejsca pracy.

5S to metoda LEAN, która stawia za nadrzędny cel wizualną organizację miejsca pracy, aby ułatwić identyfikację i eliminację marnotrawstw, bazując na pomysłach pracowników. Wywodzi się od pięciu japońskich słów, które opisują organizację miejsca pracy tak, by było ergonomiczne (wygodnie, w sposób dostosowany do operatora i tak, by praca odbywała się minimalnym nakładem sił) i bezpiecznie. Ma ona na celu tak usprawnić proces produkcyjny (zarządzanie miejscem pracy, procesem pracy), aby podwyższyć wydajność pracy poprzez eliminację strat, redukcję zbędnych procesów i jego usprawnienie. Metoda ta ma również na celu zbudowanie poczucia odpowiedzialności pracownika za miejsce swojej pracy (wszystkie czynności, procesy i rzeczy związane z jego miejscem pracy) [28].

Podczas wdrażania na stanowisku pracy metody 5S istotne jest, aby zacząć od kroku pierwszego i konsekwentnie przechodzić do następnych (rys. 9). Tylko tak prowadzone wdrożenie przyniesie rezultat, jakim jest efektywna organizacja miejsca pracy, poprawa jakości i bezpieczeństwa, eliminacja strat związana z brakami i awariami [29].



Rysunek 9. Kroki wdrażania 5S[29]

Prawidłowo prowadzony proces wdrażania narzędzia 5S w przedsiębiorstwie powinien składać się z 5 etapów [30]:

**Etap 1.** Selekcja – odseparuj potrzebne przedmioty od niepotrzebnych, zadysponuj niepotrzebnymi rzeczami.

**Etap 2.** Systematyka – każdemu przedmiotowi, z którego korzystasz, wyznacz konkretne miejsce składowania, aby było łatwiej po niego sięgnąć.

**Etap 3.** Sprzątanie – sprzątaj dokładnie swoje stanowisko pracy.

**Etap 4.** Standaryzacja – wyznacz standardy stosowania 3s.

**Etap 5.** Samodyscyplina – utrzymuj wysoki poziom standardów i staraj się je ciągle podnosić.

Etap 9

**•Wdrożenie proponowanych rozwiązań przez wprowadzenie próby pilotażowej w warunkach przemysłowych**

Weryfikację skuteczności proponowanych rozwiązań techniczno-organizacyjnych należy dokonać, wyznaczając czas trwania operacji stanowiącej wąskie gardło po wprowadzonych usprawnieniach techniczno-organizacyjnych. Należy tego dokonać, przeprowadzając próbę pilotażową w warunkach przemysłowych. W tym celu można wykonać prototypy proponowanych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń, przeszkolić pracownika w zakresie tego, jak powinien wykonywać poszczególne czynności.

Etap 10

**•Weryfikacja i ocena wprowadzonych rozwiązań w odniesieniu do postawionego celu działania**

Przeprowadzenie próby pilotażowej jest zasadne przez wzgląd na poniesione koszty na modernizację stanowiska. Jeżeli wprowadzone rozwiązania techniczno-organizacyjne nie przyczynią się do skrócenia czasu trwania operacji stanowiącej wąskie gardło w procesie produkcyjnym o założony wyznaczony z symulacji komputerowej czas. Proponowane rozwiązania okażą się niezasadne i należy szukać innych rozwiązań. Jeżeli jednak czas ten uda się skrócić o zakładaną wartość, to przełoży się on zgodnie z koncepcją TOC na czas skrócenia całego cyklu produkcyjnego, co było głównym założeniem podjętych w artykule rozważań.

### 3. Podsumowanie

1. Współcześnie w większości gałęziach przemysłu następuje systematyczne i nieustanne podnoszenie jakości wytwarzanych produktów. Jednocześnie

koszty utrzymania wysokiej jakości mogą generować szereg problemów związanych z realizacją konkretnego procesu produkcyjnego. Ważnym zagadnieniem jest zatem zastosowanie odpowiednich narzędzi wspomagających procesy produkcyjne w oparciu o znane i funkcjonujące narzędzia.

2. Wprowadzenie konkretnych systemów i narzędzi ma na celu wspierać działania przy zaangażowaniu zasobów ludzkich oraz technologicznych w taki sposób, by realizowany proces produkcyjny przebiegał bez opóźnień.
3. Zastosowanie narzędzi wspomagających przy zarządzaniu produkcją może nie przynieść oczekiwanych skutków, jeżeli jest ona niewłaściwie zespolona z procesem produkcyjnym oraz w przypadku gdy nie ma możliwości pełnego wykorzystania tych narzędzi.
4. Wypracowane rozwiązania techniczno-organizacyjne w oparciu o narzędzia SMED oraz 5S mają na celu standaryzację oraz minimalizację czasu trwania operacji stanowiącej wąskie gardło.
5. Skuteczność wykorzystanych w artykule metod zarządzania zgodnych z koncepcją Lean i TOC została przedstawiona w sposób opisowy w wyniku wprowadzonych działań sterujących procesem oraz zaproponowania usprawnień, których weryfikację należy przeprowadzić w warunkach przemysłowych.

## LITERATURA

1. MLECZKO J.: Planowanie produkcji jednostkowej i małoseryjnej w MŚP, Fundacja Centrum Nowych Technologii, 2018.
2. SAMIUK S., SANIUK A.: Warunki rozwoju sieci produkcyjnych polskich MŚP w obliczu wyzwań koncepcji przemysł 4.0, Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series, 2018(118), 503-514.
3. DĄBROWSKI A.: Wybrane aspekty organizacji pracy z wykorzystaniem maszyn ręcznych, Czasopismo Bezpieczeństwo Pracy nauka i praktyka s.18-22 Nr 551/2017.
4. ŁOPATOWSKA J.: Współdziałanie koncepcji Lean i Teorii Ograniczeń w dążeniu do sukcesu organizacji. Zarządzanie i Finanse, 173-182, 4(2013).
5. MACIĄG A., PIETROŃ R., KUKLA S.: Prognozowanie i symulacja w przedsiębiorstwie. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa 2013.
6. PLINTA D., KUKLA S., TOMANEK A.: Doskonalenie organizacji procesów wytwarzania ze szczególnym uwzględnieniem narzędzi symulacyjnych. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. Opole 2017.
7. OBOLEWICZ J.: Metody i techniki pracy współczesnego inżyniera. Modern Engineering 1(2016).
8. WYRWICKA M., GRZELCZAK A.: Audyt personalny, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
9. KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ I.: Normowanie czasu pracy, Wydawnictwo ATH, Bielsko-Biała 2015.
10. PRZYBYŁA H., KORBAN Z.: Nowe techniki organizatorskie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011.

11. WOŁK R.: Normowanie pracy – metody, Wydawnictwo Wiedza i Praktyka, 2013.
12. KURCZYK D.: Racjonalizacja produkcji w systemach produkcyjnych z zastosowaniem komputerowej wirtualizacji procesów, Praca doktorska, Bielsko-Biała 2017.
13. SŁOWIAŃSKI B.: Podstawy sprawnego działania. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2008.
14. BRZEZIŃSKI M.: Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie, Difin, 2013.
15. ŁATUSZYŃSKA M.: Metody symulacji komputerowej- próba klasyfikacji logicznej, Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management Nr 41, 2011.
16. MATUSZEK J.: Zarządzanie przedsiębiorstwem XXI wieku, Przegląd Mechaniczny, Zeszyt 2/2002.
17. PLINTA D.: Optymalizacja systemów produkcyjnych z wykorzystaniem symulacji komputerowej, Produktywność i Innowacje 1/2007.
18. PLINTA D.: Modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. Bielsko-Biała 2015.
19. GOLDRATT M.: The Goal, Excellence in Manufacturing, Notrh River Press, 1984
20. SILLER M., SANCHEZ T., ONOFRE J.: Reducing order cycle time through a TOC-Lean approach: a case study, w: III Annual Conference Proceedings, Institute of Industrial Engineers, Norcross, US, 2010.
21. ŁOPATOWSKA J.: Wykożystanie reorii ograniczeń do realizacji zasad koncepcji Lean, Gospodarka materiałowa i logistyka s. 49-51, 11/2014.
22. PLINTA D., WIĘCEK D.: Production system design. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. 2012.
23. KUKLA S.: Prognozowanie i symulacja w analizie systemów, Produktywność i Innowacje 1/2007.
24. KAMIŃSKI P., DROBINA R.: Redukcja czasu przebrojenia w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym, Wydawnictwo ATH, Technologie, procesy i systemy produkcyjne, tom 3 s. 127-138, 2018.
25. CAKMACKI M.: Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 41, s. 168–179, 2009.
26. Praca zbiorowa: Szybkie przebrojenie dla operatorów: System SMED, Productivity Press Development Team, 2010.
27. KUCZYŃSKA-CHAŁADA M.: Proces wdrożenia metody 5S w przedsiębiorstwie produkcyjnym 2017.
28. SAMSEL D.: 5S-wyeliminowanie strat, Wydawnictwo Wiedza i Praktyka 2014
29. GUNDLACH M.: Praktyki 5S jako pierwszy krok do wdrożenia produkcji odchudzonej w przedsiębiorstwie produkcyjnym rozwinięcie teorii 6S. Zeszyt naukowy Politechniki Łódzkiej nr.1064, 2009.