

# Komputerowe wspomaganie procesów produkcyjnych z zastosowaniem metod *Lean Management* i *Lean Manufacturing*

Computer aided manufacturing processes using Lean Management and Lean Manufacturing methods

EWA MOROZ\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.76>

Przedstawiono podstawowe założenia prowadzące do identyfikacji przyczyn i eliminacji marnotrawstwa występującego w procesach produkcyjnych w oparciu o założenia *Lean Management* i *Lean Manufacturing*. Zaprezentowano wykorzystanie przykładowych aplikacji do komputerowego wspomaganie procesów mapowania strumieni produkcyjnych w praktyce przemysłowej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** komputerowo wspomagane przygotowanie procesów produkcyjnych

*In the paper the basic assumptions leading to identification of causes and to the elimination of waste occurring in production processes based on the assumptions of Lean Management and Lean Manufacturing are defined. Presented is the use of example applications for computer-assisted value stream mapping of production streams in industrial practice.*

**KEYWORDS:** computer-aided preparation of production processes

Współczesne procesy produkcyjne realizowane w przemyśle wymagają na etapie ich wdrażania wykorzystania zaawansowanych metod zarządzania przebiegiem procesu wytwarzania. Jedną z nich jest uznana metodologia kompleksowego zarządzania procesami wytwarzania i przepływami w łańcuchach wartości dodanej, znana jako *Lean Management* (zarządzanie wyszczupłone). Metodologię tę na gruncie amerykańskim, a następnie europejskim spopularyzował pod koniec lat osiemdziesiątych XX w. James Womack, który badał produktywność amerykańskich, europejskich i japońskich fabryk. Określił on Toyota Production System – TPS (System Produkcyjny Toyoty) „szczupłą produkcją”.

Współcześnie zarządzanie wyszczupłone to nie tylko skuteczna strategia zarządzania firmą, lecz także strategia planowania procesów wytwarzania, zwana *Lean Manufacturing* (wyszczuplona produkcja), opierająca się na założeniu o dostarczaniu klientom oczekiwanych produktów w jak najprostszy sposób.

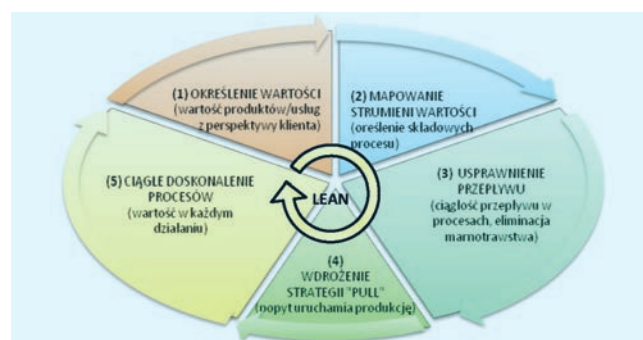
Za najważniejsze założenia tych metod przyjmuje się: realizowanie praktyk zarządczych z perspektywy klienta, ciągłe doskonalenie procesów produkcyjnych prowadzące do eliminowania pojawiającego się w ich trakcie marnotrawstwa (wytypowano siedem form marnotrawstwa) i realizowanie filozofii przywództwa kadry zarządzającej, której elementem jest poszanowanie pracowników uczestniczących w procesach wytwarzania [1, 2].

Zarządzanie zgodnie z zasadami *Lean Management* opiera się na zasadach procesu organizacyjnego określanego mianem *Lean Thinking*.

W ramach *Lean Thinking* tradycyjnie definiowane jest pięć kroków doskonalenia procesów, w tym usprawniania procesów produkcyjnych:

1. **określenie wartości** poszczególnych produktów z perspektywy klienta – podstawę procesu stanowi założenie, że jedynie użyteczność postrzegana przez klientów stanowi rzeczywisty wyznacznik wartości,
2. **mapowanie procesu tworzenia wartości** (mapowanie strumienia wartości) – na tym etapie niezwykle użyteczne są specjalistyczne aplikacje komputerowe ułatwiające proces mapowania; wybrane przykłady aplikacji wskazano w dalszej części opracowania,
3. **usprawnienie przepływu** wszelkich zasobów (surowców, produkcji w toku, wyrobów gotowych) w obrębie całego łańcucha wartości organizacji,
4. **wdrożenie strategii PULL**, czyli przyjęcie jako generalnej reguły działania zasady postulowanej w procesach zarządzania łańcuchami dostaw, wedle której dopiero zapotrzebowanie (rzeczywisty popyt) ze strony klienta uruchamia proces produkcyjny – zasada ta powinna znajdować odzwierciedlenie w docelowych mapach procesów, dla których podstawą są przepływy mapowane na etapie realizacji kroku drugiego,
5. wdrożenie zasady **ciągłego doskonalenia procesów** w kierunku eliminacji marnotrawstwa, tak aby każde działanie w procesie stawało się przyczynkiem dla dodawania wartości istotnej dla klienta.

Schemat tych działań pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Najważniejsze zasady metodologii *lean* (kroki pętli odchudzenia)

## Siedem form marnotrawstwa w procesach produkcyjnych

Metodologia *Lean Management* i *Lean Manufacturing* według najpopularniejszej, potocznie prezentowanej definicji bazuje na eliminacji marnotrawstwa (jap. *muda*) z procesów tworzenia wartości.

Prawdą jest, że w *Lean Management* eliminacja marnotrawstwa to kluczowy element poprawy efektywności, jednakże pogłębiona analiza procesów organizacyjnych wskazuje, że wbrew obiegowej opinii, nie jest to element

\* Dr Ewa Moroz (emoroz@adm.pcz.pl) – Instytut Informatyki, Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej

determinujący skuteczność procesu wdrażania *lean*. W *lean* zasadą jest przede wszystkim wyszczuplenie (ograniczenie do koniecznego minimum) przepływów zasobów i informacji. Wszystko, co ten przepływ zakłóca, stanowi marnotrawstwo.

W literaturze przytacza się najczęściej siedem form marnotrawstwa [3]. Są to:

- **nadprodukcja** (*overproduction*) to potencjalnie najczęstszy typ marnotrawstwa w procesach produkcyjnych,
- **nadmierne oczekiwanie** (*waiting*) to pozornie najmniej dotkliwy rodzaj marnotrawstwa; oczekiwanie oznacza bezczynność pracowników, materiałów, części, zamienników oraz maszyn i urządzeń,
- **nadmierny transport** (*transportation*) rozumiany jako nieuzasadnione przemieszczanie komponentów, półproduktów, wyrobów gotowych, elementów technicznych i dodatkowych części,
- **zbędna obróbka** (*overprocessing*) to realizowanie niepotrzebnych kroków w procesie obrabiania komponentów produkcyjnych, wchodzących w skład gotowego wyrobu,
- **nadmierne zapasy** (*inventory*) to wykraczające ponad rzeczywiste potrzeby zapasy występujące na wejściu, w trakcie i na wyjściu realizowanego procesu produkcyjnego,
- **zbędny ruch** (*motion*) związany najczęściej wykonywaniem nadmiernej ilości ruchów przez ludzi i urządzenia transportowe,
- **błędy** (*defects*), czyli straty pojawiające się w wyniku błędów w realizacji zadań (błędów w obróbce, ustawieniach maszyn, przechowywaniu) lub w rezultacie nieskoordynowanego przepływu informacji [4, 5].

W literaturze przedmiotu pojawia się również ósmy obszar marnotrawstwa, definiowany jako **niewykorzystana kreatywność pracowników** [6].

### Metoda 5S – podstawowe narzędzie poprawy jakości stanowiska pracy

Ważnym narzędziem praktycznej implementacji metodologii *lean* jest metoda 5S. Jej nazwa wywodzi się od pięciu następujących po sobie kroków [7]. Są to:

1. **sortowanie** (jap. *seiri*) – segregacja na stanowisku pracy,
2. **systematyka** (jap. *seiton*) – polega na organizacji oraz oznaczeniu wszystkich elementów stanowiska pracy,
3. **sprzątanie** (jap. *seiso*) – stanowisko pracy powinno być nie tylko uporządkowane, ale również czyste,
4. **standaryzacja** (jap. *seiketsu*) – tworzenie możliwie jednolitych zasad, które pozwolą utrzymać efekty wprowadzenia pierwszych trzech kroków metody,



Rys. 2. Stanowiska pracy spełniające wymagania pięciu kroków metody 5S [8, 9]

5. **samodyscyplina** (jap. *shitsuke*) – rozumiana jako wyrobienie nawyków i przyzwyczajzeń koniecznych do przestrzegania rozwiązań usprawniających.

Stanowiska pracy spełniające wszystkie wymagania tej metody przedstawiono na rys. 2.

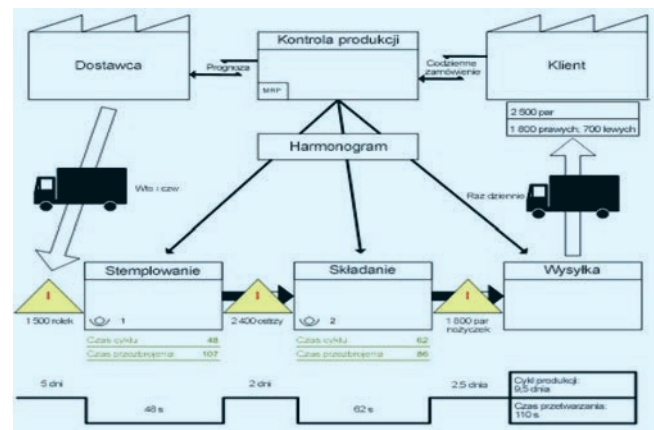
### Mapowanie strumieni wartości

Popularnym narzędziem wykorzystywanym w trakcie wdrażania metodologii *lean* jest budowanie map strumieni wartości. Przedsiębiorstwa tworzą je, by określić, na którym etapie procesu produkcyjnego dochodzi do strat, i jak te straty wyeliminować.

Założeniem mapowania według metodyki *Lean Mapping* (*Value Stream Mapping* – VSM) nie jest umniejszanie roli doskonalenia realizacji poszczególnych zadań technologicznych wykonywanych w trakcie procesu, lecz akcentowanie roli ciągłości przepływu w całym systemie. Zaniedbanie aspektów organizacyjnych prowadzi do wydłużenia produkcyjnych czasów przejścia.

Mapowanie strumienia wartości polega na odwzorowaniu zarówno logiki przepływu materiałów (kolejne czynności produkcyjne), jak i przepływów informacji. W efekcie uzyskuje się obraz wszystkich (nie tylko technologicznych) czynności (dodających wartość i nie dodających wartości), które składają się na gotowy produkt.

Przykładową mapę strumienia wartości przedsiębiorstwa produkcyjnego przedstawiono na rys. 3



Rys. 3. Mapa strumienia wartości *lean* [10]

Czas przejścia całego procesu, warunkowany w znacznej mierze poziomem zapasów, stanowi wyznacznik efektywności procesu produkcyjnego. Jednocześnie nadmierne zapasy (jeden z przejawów marnotrawstwa) są często wynikiem problemów produkcyjnych (przebrojeń, awaryjności itp.). Redukcja zapasów (poprzez eliminację problemów produkcyjnych), pozwalająca na skracanie czasów przejścia, stanowi istotę podejścia *Lean Manufacturing*.

Interpretacja mapy polega na uwypukleniu miejsc, w których przepływ zasobów w procesie zostaje zahamowany. Na podstawie zestawienia czynności faktycznie dodających wartość z łącznym czasem trwania można wnioskować o poziomie efektywności operacyjnej całego systemu. W ten sposób następuje wizualizacja marnotrawstwa, które objawia się przede wszystkim nadmiernym oczekiwaniem.

Przykładowa mapa (rys. 3) wskazuje całkowity czas cyklu produkcji (9,5 dnia), a jednocześnie określa czas przetwarzania na 110 s. Taka diagnoza stanu obecnego, dokonana z wykorzystaniem aplikacji wspomagającej proces mapowania (VSM), stanowi wstęp do implementacji *lean*.

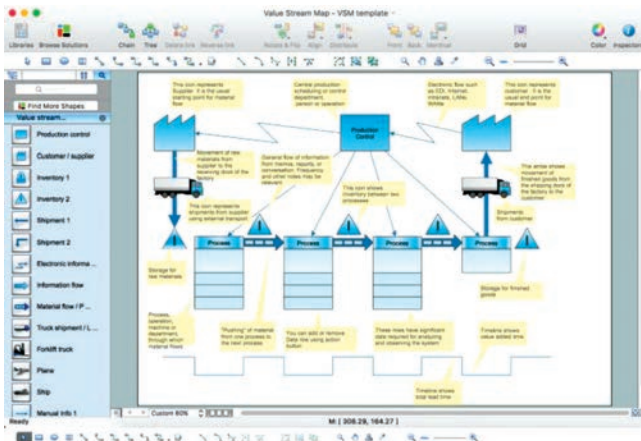
Mapowanie strumienia wartości składa się z trzech etapów [11]:

1. diagnozy stanu istniejącego, analizy stanu strumienia wartości (*Value Stream Analysis*),
2. wizji stanu przyszłego, budowy docelowego stanu strumienia wartości (*Value Stream Designing*),
3. planu doskonalenia i wdrożenia rozwiązań (*Value Stream Work Plan*).

Prawidłowa realizacja tych etapów mapowania, w odniesieniu do obrazowania przepływów o wyższym stopniu złożoności, wymaga zastosowania dedykowanych narzędzi komputerowego wspomaganie planowania procesów produkcyjnych.

### Komputerowe aplikacje wspomagające mapowanie procesów produkcyjnych

Popularność metodyki *Lean Manufacturing* w procesach planowania i usprawniania produkcji powoduje, że na rynku dostępnych jest wiele aplikacji umożliwiających kompleksową realizację całościowego mapowania strumienia wartości. Praktycznie każde oprogramowanie umożliwiający VSM (*Value Stream Mapping*) pozwala zobaczyć i zwizualizować szczegóły procesów tworzenia wartości, zarówno w kontekście aktualnego stanu, jak i opracowania ulepszonych procesów. Jednym z popularniejszych narzędzi jest oprogramowanie ConceptDraw PRO (rys. 4).



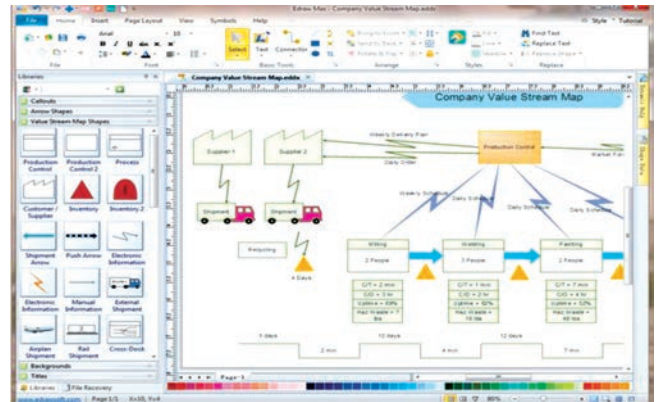
Rys. 4. Przebieg analizy aktualnego stanu strumienia wartości w przedsiębiorstwie produkcyjnym (ConceptDraw PRO) [12]

Na rys. 4 znajduje się szablon zestawiający stan analizy obecnego strumienia wartości (VSA). Aplikacja oferuje wiele wstępnie zaprojektowanych szablonów, a dodatkowo uniemożliwia tworzenie map niezgodnych z podstawowymi regułami wizualizacji strumienia wartości, co ułatwia pracę niedoświadczonym użytkownikom.

Na mapie znajdują się informacje o: czasie pojedynczej operacji (*C/T – Cycle Time*), czasie przebrojenia (*C/O – Changeover Time*), sposobie komunikacji z klientem, wymaganiach odbiorcy, zapotrzebowaniu klientów i jego zmienności, formie i czasie przepływu informacji wewnątrz firmy, zapasach, szczegółach procesu wytwarzania, czasie realizacji zlecenia, czasie potrzebnym na uzyskanie gotówki od klienta (płynności finansowej).

Kolejna aplikacja – Edraw Max – oferuje zbliżone funkcjonalności, a jednocześnie umożliwia pracę w chmurze i rozszerza zakres personalizacji zastosowań. Istotną cechą Edraw Max jest kompleksowość rozwiązań wspomagających projektowanie i planowanie zmian procesów produkcyjnych od zewnętrznego dostawcy do zewnętrznego klienta w danym obiekcie. Aplikacja pozwala na płynne integrowanie schematów blokowych, schematów

organizacyjnych, diagramów sieciowych, map myśli, diagramów UML, przepływów pracy, struktur programowych, map kierunkowych, diagramów Six Sigma (i innych popularnych schematów) w obrębie jednego projektu. Przykład wykorzystania tej aplikacji do analizy konkretnego procesu produkcyjnego przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Przebieg analizy stanu strumienia wartości w przedsiębiorstwie produkcyjnym (Edraw Max) [13]

Obok działań nakierowanych na skracanie czasu realizacji zleceń (*Lead Time*) w komputerowo wspomaganym mapowaniu procesu dla stanu obecnego bardzo istotnym elementem jest zdefiniowanie wąskiego gardła (lub wąskich gardeł) występującego w trakcie realizacji danego procesu wytwórczego (*Bottleneck*). Dzięki opracowaniu mapy można dokładniej definiować miejsca najdłuższych przestołów.

### Podsumowanie

Prezentowano przykład zastosowania komputerowego wspomaganie mapowania strumienia wartości. Wskazano dodatkowe, wykraczające poza ułatwienie tworzenia wizualizacji, wymierne korzyści z wykorzystania nowoczesnych aplikacji komputerowych w organizacji wytwarzania. Dzięki nim możliwe staje się obrazowanie więcej niż pojedynczego procesu, realizowanego w trakcie wytwarzania. Uzyskuje się ponadto możliwość szybkiego i jednoznaczniego dostrzeżenia marnotrawstwa i jego źródeł oraz czytelnego prezentowania efektów decyzji dotyczących zmian przepływu.

### LITERATURA

1. Womack J.P., Jones D.T. „*Lean thinking – szczupłe myślenie. Eliminowanie marnotrawstwa i tworzenie wartości w przedsiębiorstwie*”. Wrocław: ProdPress, 2008.
2. Womack J.P., Jones D.T., Roos D. „*Maszyna, która zmieniła świat*”. Wrocław: ProdPress, 2008.
3. [www.leanmanufacturingtools.org](http://www.leanmanufacturingtools.org)
4. Czerska J. „*Doskonalenie strumienia wartości*”. Warszawa: Difin, 2012.
5. Liker J.K. „*Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*”. Warszawa: Wydawnictwo MT Biznes, 2005.
6. Lisiecka K., Burka I. „*Źródła powstawania marnotrawstwa w organizacjach na przykładzie usługowych przedsiębiorstw ciepłowniczych*”. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*. 233 (2005): s. 75–91.
7. Jędrzejak A., Mazur A., Piotrowska M. „*Praktyczne aspekty wdrażania metody 5-S*”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*. 62 (2014) s. 62–68.
8. [www.circuittec.com/lean-pcb-manufacturer/](http://www.circuittec.com/lean-pcb-manufacturer/)
9. [www.superfactory.typepad.com](http://www.superfactory.typepad.com)
10. [www.blog.qcadoo.com/narzedzia-lean-manufacturing-w-firmie-produkcyjnej](http://www.blog.qcadoo.com/narzedzia-lean-manufacturing-w-firmie-produkcyjnej)
11. [www.lean-management.pl/mapowanie-strumienia-wartosci](http://www.lean-management.pl/mapowanie-strumienia-wartosci)
12. [www.conceptdraw.com/How-To-Guide/value-stream-process-flow](http://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/value-stream-process-flow)
13. [www.edrawsoft.com/valuestreammap](http://www.edrawsoft.com/valuestreammap)