

Tomasz BOROWY¹

Opiekun naukowy: Janusz MLECZKO²

TEORIA OGRANICZEŃ W KONCEPCJI LEAN SIX SIGMA

Streszczenie: Teoria ograniczeń (TOC) zaproponowana przez dr Eliyahu M. Goldratta w latach osiemdziesiątych, została mocno rozpropagowana począwszy od lat dziewięćdziesiątych. TOC skupia się na doskonaleniu procesów, wąskich gardeł, które często są procesami grupowanymi według procesów technologicznych a przepływ, wiąże się z partiami materiałów. W japońskich fabrykach elementy szczupłej produkcji były wdrażane od lat pięćdziesiątych lecz określenie Lean Manufacturing pojawiło się na początku lat dziewięćdziesiątych, po wydaniu książki „Maszyna która zmieniła świat”. Była ona posumowaniem pięcioletnich badań prowadzony przez międzynarodowy zespół naukowców i praktyków, opisujących zasady szczupłej produkcji. Również w tym okresie rozpoczęto wdrażanie metodologii Six Sigma, z czasem wiele firm połączyło obie idee. W artykule zostaną zaproponowane elementy TOC wykorzystywane we wdrażaniu i utrzymaniu podejścia Lean Six Sigma oraz synergia, którą można osiągnąć łącząc elementy tych koncepcji. Zostanie zweryfikowana ich skuteczność oraz przedstawione zalecenia, również dla firm, które posiadają już szczupły system.

Słowa kluczowe: inżynieria produkcji, systemy wytwarzania, teoria ograniczeń, Six Sigma, Lean Manufacturing

THEORY OF CONSTRAINS IN LEAN SIX SIGMA APPROACH

Summary: The Theory of constraints was propagated in the nineties and focused on bottleneck in batch processes, very often built around technological processes. In Japanese factories, the elements of Lean have been implemented since the fifties, but the term Lean Manufacturing appeared in the early nineties, after the publication of the book "Machine that changed the world", which summarized research describing principles of Lean approach. Simultaneously, Six Sigma methodology started to be implemented, which resulted in many companies combining both approaches.

In this article, the author proposes the elements of Theory of constraints used in the Lean Six Sigma methodology. This article also presents a synergy that can be achieved by combining elements of these concepts. The author verified the effectiveness of this approach and proposed recommendations for businesses, even for those which already implement the Lean method.

Keywords: Production engineering, manufacturing systems, Theory of constraints, Six Sigma, Lean Manufacturing

¹ mgr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, tborowy@interia.pl

² dr hab. inż. prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, jmleczko@ath.bielsko.pl

1. WPROWADZENIE

Obie koncepcje mają ze sobą wiele wspólnego: koncentrują się na kliencie, dążą do maksymalizacji zysku, obie rozważają organizację jako całość choć w nieco inny sposób, obie promują ciągłe doskonalenie. Celem TOC jest eliminacja “wąskich gardeł” – czyli miejsc, gdzie każdy zasób, dla maksymalizacji produkcji, jest zużywany w 100%. Metoda bardziej skupia się na równoważeniu przepływu niż równomiernym rozłożeniu pracy [2]. Lean skupia się na eliminacji marnotrawstwa, nierównomierności i przeciążenia (MUDA, MURA, MURI). Wplatając elementy Teorii ograniczeń w początkowej fazie wdrożenia Lean można osiągnąć szybszy efekt poprawy, a co za tym idzie wzrost morale, co jest niezwykle ważne w powodzeniu wdrożenia Lean. W istniejących oraz doskonalonych od lat szczupłych strumieniach TOC pozwala lepiej nimi zarządzać na różnych etapach oraz osiągać stawiane cele.

2. TEORIA OGRANICZEŃ

Kroki podejścia do doskonalenia w TOC to [3, 4, 5]:

1. Identyfikacja ograniczenia (wąskiego gardła) lub wąskich gardeł.
2. Zdecydowanie o jak najlepszym wykorzystaniu systemowego wąskiego gardła: wyeliminowanie strat z jego obszaru, zabezpieczenie zasobów, szukanie alternatywnych rozwiązań, zapewnienia jakości, wysokiego poziomu utrzymania ruchu.
3. Podporządkowanie mu pozostałych zasobów: nadanie priorytetów dla wąskiego gardła, uświadomienia pracowników, poprawa dostarczenia komponentów itp.
4. Podniesienie osiągnięć wąskiego gardła lecz dopiero po wykonaniu kroków 2 i 3.
5. Powrót do kroku pierwszego pamiętając o inercji [2, 10].

W Teorii ograniczeń spotykamy się z pojęciami „Drum – Buffer – Rope”:

- Drum – bęben – wąskie gardło, gdzie określane jest tempo dla reszty systemu. Jest to kluczowe miejsce z punktu widzenia całego procesu lub strumienia wartości. Zależy od niego wydajność całej linii, strumienia i powinno być monitorowane ze względu na jego migracje oraz straty, które w nim wygenerowane przenoszą się na cały system.
- Buffer – miejsce przed wąskim gardłem, gdzie definiowany jest bufor czasowy lub materiałowy. To miejsce, lub okres czasu ma istotną rolę nie tylko ze względu na zabezpieczenie pracy wąskiego gardła ale również przez fakt, że daje nam możliwość wcześniejszej reakcji na ewentualne problemy, które mogą pojawić się w jego obszarze.
- Rope – Lina – sygnał komunikacyjny, informujący pozostałe procesy kiedy powinny produkować. Połączenie to powoduje, że całość jest zsynchronizowana, a procesy w „górze strumienia” wiedzą co i kiedy mają produkować.

Goldratt sugeruje tylko trzy wskaźniki a mianowicie: przerób/wydajność, zapasy i koszty eksploatacyjne. Jako priorytety również wskazuje powyższą kolejność. Goldratt wierzył, że czysty nieprzerwany przepływ jest trudny do osiągnięcia, a w procesach występuje „statystyczna fluktuacja” [6].

3. LEAN SIX SIGMA

W koncepcji Lean jedną z zasad jest przepływ [9]. Autor uważa, że coraz częstsze łączenie koncepcji Lean Manufacturing i Six Sigma, która się skupia na redukcji zmienności, może zredukować fluktuacje w przepływie. Po za tym, Lean skupia się na wartości z punktu widzenia klienta, strumieniu wartości, przepływie, zasadzie wyciąganie, doskonaleniu. Powoduje to zmniejszenie czasu przepływu przez cały strumień, eliminacje marnotrawstwa i dlatego wskazanym wydaje się zredukować je skupiając się na wąskich gardłach, gdyż zapewni to szybsze dostarczenia klientowi produktu. Również podejście Six Sigma: DMAIC (ang. Define, Measure, Analyze, Improve, Control), które skupia się na redukcji zmienności oraz zastosowaniu narzędzi statystycznych w doskonaleniu procesów, pomaga osiągać powyższe cele. Mimo, iż spotykamy się z próbą łączenia koncepcji, to jednak często są one rozdzielane lub istnieje brak wiedzy na ich temat. Często podkreślane są różnice lub przytaczane uogólnienia takie jak te że: Lean skupia się na eliminacji marnotrawstwa, TOC na usprawnieniu wąskich gardeł a Six Sigma na redukcji zmienności. Nasuwa się pytanie, czy można połączyć te koncepcje? Zdaniem autora, pewne elementy można połączyć. W artykule zostanie zaproponowane ich połączenie a następnie zweryfikowana skuteczność za pomocą statystycznych testów hipotez.

4. ŁĄCZENIE KONCEPCJI

Przedmiotem badań jest określenie wpływu wykorzystania wymienionych koncepcji oraz ich narzędzi w procesie doskonalenia strumienia wartości w jednym z polskich przedsiębiorstw. W firmach, w których strumienie posiadają współdzielone zasoby, analiza gdzie znajduje się ograniczenie powinna być prowadzona z poziomu całej organizacji [7, 8]. Można również spotkać się z łączeniem podejścia DMAIC oraz doskonalenia przez TOC, gdzie kolejne kroki przeplatają się, a w krokach wykorzystania i podporządkowania zasobów w celu usprawnienia wąskiego gardła wykorzystuje się narzędzia Six Sigma [1]. Autor uważa, że łączenie koncepcji Lean i TOC na wczesnym etapie wdrażania koncepcji Lean może pomóc usprawnić cały system oraz pomóc w jednym z trudniejszych wdrożeń szczupłej produkcji, a mianowicie wprowadzaniu zasady wyciągania produkcji, czyli wdrożenia systemu pull opartego np. na kartach kanban.

Identyfikacja wąskiego gardła powinna się odbyć już na etapie mapowania procesu z użyciem mapy procesu lub mapowania strumienia wartości (VSM), następnie zalecana jest szczegółowa analiza miejsca, które zdefiniowano jako wąskie gardło [1]. Widzimy tutaj zarówno podejście „process door” z metodologii Six Sigma jak i mapowanie (VSM) zalecane przez podejście Lean. Użycie narzędzi wymienionych koncepcji do osiągnięcia celu powinno być weryfikowane za pomocą metod

statystycznych w celu potwierdzenie osiągniętego celu oraz utrzymania osiągniętych wyników w czasie.

Również zasady doskonalenia według TOC świetnie nadają się do monitorowania i optymalizowania linii typu U-cell, które często pojawiają się w szczupłych przedsiębiorstwach i mimo, iż są dobrze zbalansowane to zawsze jedna ze stacji/operacji jest wąskim gardłem i determinuje uzysk całej linii. Dlatego kluczowa wydaje się wizualizacja wąskiego gardła oraz monitorowanie (np. godzinowe) ilości wyprodukowanej przez daną stację w celu upewnienia się, że dana stacja jest wykorzystywana w 100% i praca w tym obszarze odbywa się w sposób ciągły. Wskazana jest również analiza zmienności w celu wykrycia źródłowych przyczyn zmienności oraz jej redukcja co prowadzi do bardziej przewidywalnej i powtarzalnej pracy. Faza końcowa powinna być zakończona i potwierdzona testami hipotez.

5. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA TOC PRZY WDRAŻANIU KONCEPCJI LEAN SIX SIGMA

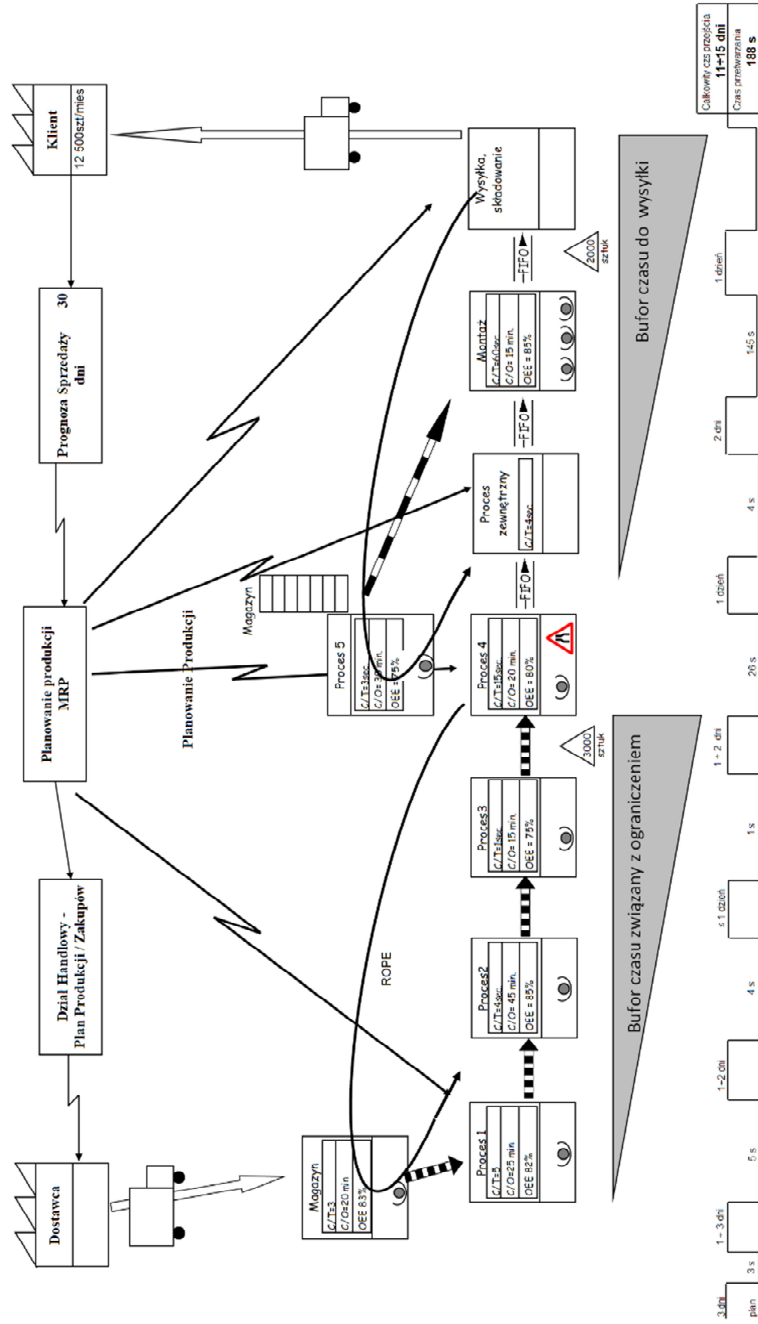
Poniższy przykład stanowi kontynuację doskonalenia strumienia wartości rodziny produktów w przedsiębiorstwie z branży metalowej. W pierwszej fazie został zmapowany stan obecny oraz zaproponowana koncepcja stanu przyszłego. Jednak wdrożenie systemu ssącego dla wspomnianej rodziny wyrobów się nie powiodło i zarząd zdecydował użyć TOC do zarządzania oraz doskonalenia tego strumienia w tym do poprawy strategicznego wskaźnika: skrócenia czasu realizacji zamówień.

Zespół wdrożeniowy przeanalizował obecną sytuację używając mapy VSM. Określił ilość zapasów, całkowity czas przejścia oraz wąskie gardło. Zdefiniował i zrealizował działania w celu poprawy wąskiego gardła, takie jak: wdrożenie filarów TPM autonomicznego i prewencyjnego utrzymania, warsztaty SMED. Działania te spowodowały usunięcie marnotrawstwa z tego procesu oraz poprawiły jego dostępność.

Następnie zespół wdrożył sposób sterowania procesem 4 wyliczając bufor czasowy potrzebny na dostarczanie komponentów do wąskiego gardła, które zostało zabezpieczone zapasem w ilości 3000 szt. Obliczono również bufor czasowy do wysyłki i określono zapas wyrobu gotowego 2000szt., który zapewniał realizację powtarzalnych zleceń i dał czas potrzebny na jego uzupełnienie. Po wdrożeniu, zostały wykonane testy statystyczne potwierdzające osiągnięte rezultaty.

Mapa Przepływu Wartości (po wdrożeniu ToC) - schemat poglądowy

Mapa stanu obecnego



Rysunek 2. Mapa stanu po wdrożeniu koncepcji TOC.

Źródło: opracowanie własne.

6. PODSUMOWANIE

Wykorzystując koncepcję Lean Manufacturing do usunięcia strat oraz poprawy przepływu, elementy wizualizacji do uwidocznienia wąskiego gardła, metodologie Six Sigma do redukcji zmienności w naszych procesach a Teorię ograniczeń do operacyjnych wąskich gardeł i ograniczeń każda firma jest w stanie konkurować z czołówką światowych firm. Wdrożenie Lean Six Sigma jest projektem, często zdefiniowanym na okres kilku lat, w związku z powyższym warto również rozważyć opracowanie harmonogramu wdrożenia bazując na podejściu Goldratta do zarządzania projektem.

LITERATURA

1. CHODYŃSKI A.: Projakościowe zarządzanie rozwojem produkcji w przedsiębiorstwie, Innowacje, Bielsko-Biała, 2000.
2. HOLWEG M., BICHENO J.: The Lean Toolbox, The essential guide to Lean transformation, Buckingham, 2009.
3. RUSSELL R. & B.W. TAYLOR B.W.: Chapter 17, Scheduling, Operations Management - 6th, III Edition, University of Tennessee at Chattanooga, 2009, 25-26.
4. JONES.D.: Biznes, tom1, Zarządzanie firmą część 1, Organizacja produkcji bez strat, WNP, Warszawa, 2007, s. 73-76.
5. ŁOPATOWSKA J.: Współdziałanie koncepcji Lean i Teorii Ograniczeń w dążeniu do sukcesu organizacji, https://zif.wzr.pl/pim/2013_4_14pdf_2018.05.04.
6. KAI JIN, HYDER ABDUL-RAZZAK, YOUSRI ELKASSABGI, HONG ZHOU, AND AARON HERRERA Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement, Proceedings of world academy of science, engineering and technology, 37(2009).
7. ACT Academy, The Theory of Constraints, Online library of Quality, Service Improvement and Redesign tools, <https://improvement.nhs.uk/documents/2175/theory-constraints.pdf>, 2018.05.30.