

Bartłomiej Rodawski
Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu

Zastosowanie teorii ograniczeń w zarządzaniu łańcuchem dostaw (cz. 2)

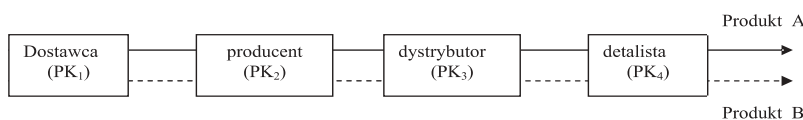
W oparciu o charakterystykę koncepcji bęben – bufor – linia (DBR) można również sformułować wskazówki dotyczące zarządzania łańcuchem dostaw. Przede wszystkim, w przeciwieństwie do „odchudzonego zarządzania”, zaznacza się potrzebę utrzymywania w ramach systemu pewnych zapasów, jak również zdolności (np. produkcyjnych), odrzucając potrzebę lokalnej optymalizacji (np. produktywności, czy też stopnia wykorzystania danego stanowiska) na rzecz sprawności działania całego systemu [7]. Owe zapasy i wolne zdolności chronią przed niepewnością wynikającą ze zmienności popytu, jak również niespodziewanych przestoju w ramach łańcucha dostaw. W efekcie zwiększa się elastyczność systemu i poprawia jego niezawodność. Po drugie, przedstawioną koncepcję można wykorzystać do wskazywania miejsc utrzymywania zapasów w ramach łańcucha dostaw. Warto w tym miejscu jasno zaznaczyć, iż koncepcja DBR wcale nie postuluje „zarzucenia” łańcucha dostaw zapasami bezpieczeństwa. Zakłada ona bowiem utrzymywanie zapasów w pobliżu wąskiego gardła, natomiast w pozostałych obszarach łańcucha dostaw skoordynowany i niezakłócony przepływ materiałów. Po trzecie DBR stanowi dobrą wskazówkę, gdzie lokalizować tzw. punkty graniczne w łańcuchu dostaw⁴; powinny one znajdować się właśnie w ramach wąskiego gardła, powyżej którego należy stosować reaktywne sterowanie przepływem materiałów, natomiast poniżej tego punktu – podejście proaktywne.

Obok bezpośrednich wskazówek dla zarządzania łańcuchem dostaw teoria ograniczeń stanowi również dobrą bazę do opracowywania nowych koncepcji

zarządzania tymi skomplikowanymi systemami. Przykładem może być 3C – teoria zarządzania przepływem materiałów w łańcuchach dostaw, która zdaniem jej twórców stanowi alternatywę dla systemów klasy MRP II.[2] W ramach 3C łańcuch dostaw traktowany jest jako zbiór ogniw (nazywanych punktami konsumpcji), które są wzajemnie połączone. Podstawową funkcją punktów konsumpcji jest udostępnianie dóbr innym punktom konsumpcji w łańcuchu (ewentualnie ostatecznemu odbiorcy) w momencie, gdy są one potrzebne. Przy czym istnieją dwa podstawowe rodzaje punktów konsumpcji [2. s. 88]:

Przykład 3

Na poniższym schemacie znajduje się model łańcucha dostaw, który składa się z czterech ogniw (punktów konsumpcji) i dostarcza dwa produkty.



Punktem wyjścia w koncepcji 3C jest wyznaczenie zdolności każdego z punktów konsumpcji (PK_n) do dostarczenia kolejnemu ogniwu dowolnego mixu produktów/ materiałów w danej jednostce czasu.

Dzienne zdolności punktów konsumpcji i całego łańcucha dostaw

	PK1	PK2	PK3	PK4	Łańcuch dostaw
Produkt A	50	10	30	100	10
Produkt B	50	20	30	100	20

Wąskie gardło

Wąskim gardłem w systemie są zdolności producenta, które determinują zatem zdolności całego łańcucha dostaw do dostarczenia w ciągu jednego dnia 10 produktów A lub 20 produktów B bądź też ich następujących kombinacji:

	A	B
9	2	
8	4	
7	6	
6	8	
5	10	
4	12	
3	14	
2	16	
1	18	

⁴ Więcej na temat punktów granicznych w łańcuchu dostaw zob. R. Mason-Jones, D.R. Towill, Using the Information Decoupling Point to Improve Supply Chain Performance, The International Journal of Logistics Management, 1999, nr 10, s. 17, oraz J. Witkowski, Gospodarka Materialowa i Logistyka, 2002 nr 5, s. 3-5

Przykład 4

Uniwersalność

Aby ustalić maksymalną konsumpcję danego materiału (półproduktu), należy w pierwszym rzędzie przedstawić strukturę materiałową wyrobów gotowych dostarczanych przez łańcuch dostaw. W tabeli zestawiono strukturę materiałową produktów A i B.

materiał	x	y
Produkt		
A	5	20
B	10	5

W systemie, w którym występuje jedno wąskie gardło dla różnych produktów, ustalenie maksymalnego zużycia materiałów w danym okresie (RBill) bez względu na mix produktów gotowych jest zadaniem prostym. Wybiera się produkt, do którego wyprodukowania zużywana jest największa ilość danego materiału, a następnie oblicza się iloczyn jego maksymalnej produkcji w danym okresie i ilości materiału wchodzącego w jednostki tego produktu. Dla analizowanego przykładu więcej materiału x zużywa się do produkcji wyrobu B, natomiast y do wytworzenia A, zatem:

$$RBill_x = 20 \text{ (dzienna maksymalna produkcja B)} * 10 \text{ (zużycie materiału na sztukę B)} = 200 \text{ sztuk}$$

$$RBill_y = 10 \text{ (dzienna maksymalna produkcja A)} * 20 \text{ (zużycie materiału na sztukę A)} = 200 \text{ sztuk}$$

Oznacza to, że dziennie system nie zużyje więcej aniżeli po 200 sztuk materiału x i y, bez względu na to, jaki mix produktów będzie zamówiony – uwzględniając oczywiście ograniczone zdolności systemu, ustalone w pierwszym kroku.

nego mixu produktów/ materiałów w danej jednostce czasu.

Wąskim gardłem w systemie są zdolności producenta, które determinują zatem zdolności całego łańcucha dostaw do dostarczania w ciągu jednego dnia 10 produktów A lub 20 produktów B bądź też ich następujących kombinacji:

W oparciu o ustalone zdolności wyznacza się gwarantowany poziom serwisu (dostaw w terminie). Przyjmijmy, iż TOP dla wąskiego gardła równa się on zdolnościom łańcucha dostaw⁵.

Uniwersalność

Jest to element systemu, który pozwala na przejście z poziomu wyrobów gotowych na poziom materiałów i komponentów, a zatem odgrywa bardzo istotną rolę przede wszystkim w przedsiębiorstwach produkcyjnych, zużywających materiały do wytworzenia produktów gotowych. Ustaliwszy zdolności poszczególnych ogniw, jak i całego systemu, należy w następnym kroku ustalić uniwersalność materiałów (półproduktów), jakie wchodzi w skład wyrobów gotowych, dostarczanych przez dany system. Przy czym dany materiał (półprodukt) jest bardziej uniwersalny jeżeli wchodzi w skład większej liczby półproduktów (wyrobów gotowych). Znając uniwersalność danego materiału, można ustalić jego maksymalne zużycie w danym okresie czasu. W tym celu wykorzystuje się parametr określony mianem The Rate Bill (RBill). RBill stanowi maksymalną konsumpcję danego materiału (półproduktu) w danym okresie czasu przez konkretne ogniwo (najczęściej ogniwo produkcyjne), biorąc pod uwagę wcześniej ustalone parametry systemu (jego zdolności). W oparciu o powyższe obliczenia pozycjonuje się zapasy materiałów w ramach łańcucha dostaw⁵.

Realizując dwa powyższe kroki, przygotowujemy łańcuch dostaw do scenariusza, w którym jego maksymalne zdolności zostają wykorzystane (pamiętając oczywiście o stwierdzeniu, iż cały system jest tak dobry jak jego najsłabsze ogniwo).

Konsumpcja

Konsumpcja jest parametrem determi-

- 1) punkty składowania – ogniwa, w ramach których znajdują się zapasy dóbr dostępnych natychmiast dla kolejnych ogniw łańcucha (dla ostatecznych klientów)
- 2) punkty zamawiania – ogniwa, w których nie występują zapasy dóbr, a zatem muszą one być zamówione i/lub przetworzone wg zaleceń odbiorcy, przy czym wiąże się to z tzw. czasem dostawy.
Zgodnie z 3C, dokonując optymalizacji łańcucha dostaw, należy rozpocząć od restrukturyzacji najsłabszego ogniwa – punktu konsumpcji. Usprawnianie innych ogniw nie przyniesie bowiem pozytywnych efektów, a może nawet doprowadzić do pogorszenia parametrów funkcjonowania całego systemu [2 s. 101,102] (jest to podstawowy postulat teorii ograniczeń!). 3C jest akronimem trzech elementów, składających się na prezentowaną teorię: *capacity* (zdolności punktów konsumpcji), *commonality* (uniwersalność materiałów), *consumption* (konsumpcja poszczególnych ogniw). Ich sekwencyjne wdrożenie w ramach łańcucha dostaw należy uznać za proces optymalizacji przepływu materiałów.

Zdolności

Każde z ogniw łańcucha dostaw posiada ograniczone zdolności, które determi-

nują liczbę produktów, jaką dane ogniwo jest w stanie dostarczyć kolejnemu w danym okresie, bez dodatkowych inwestycji. A zatem, punktem wyjścia jest wyznaczenie liczby produktów/ materiałów (ich dowolnego mixu), jakie dane ogniwo może dostarczyć następnemu w danej jednostce czasu. W ten sposób wyznacza się ogólne zdolności systemu, które oczywiście równają się zdolnościom wąskiego gardła, a zatem najsłabszego ogniwa. Następnie w oparciu o wyznaczone zdolności poszczególnych ogniw określa się poziom serwisu (TOP), jaki gwarantuje każde ogniwo. Jeżeli ów poziom serwisu ustalony jest na 100% oznacza to, iż dane ogniwo gwarantuje dostawy równe swoim zdolnościom produkcyjnym. Jeżeli natomiast wynosi on 80% oznacza to, że wykorzysta jedynie 80% swoich mocy realizując dostawy. [2, s. 61] W ten sposób łańcuch dostaw jest gotowy do realizacji dowolnych zamówień pod warunkiem, że nie przekraczają one jego zdolności przerobowych (a właściwie zdolności wąskiego gardła).

Na poniższym schemacie znajduje się model łańcucha dostaw, który składa się z czterech ogniw (punktów konsumpcji) i dostarcza dwa produkty.

Punktem wyjścia w koncepcji 3C jest wyznaczenie zdolności każdego z punktów konsumpcji (PKn) do dostarczenia kolejnemu ogniwo dowol-

⁵ Tę samą logikę postępowania można również zastosować do wyrobów gotowych

Przykład 5

Konsumpcja

Aby system mógł rozpocząć działanie, należy ustalić dla każdej pozycji materiałowej:

- a) przedziały czasu po upływie których następuje sprawdzanie stanu zapasów materiałów, w oparciu o które podejmowana jest decyzja o wielkości zamówienia (TBP).
- b) czas realizacji dostaw (LT).

Dla analizowanego przykładu przyjmijmy następujące dane:

Pozycja materiałowa	TBP (dni)	LT (dni)
x	5	2
y	4	1

W oparciu o powyższe dane można ustalić wielkość zapasów początkowych dla obu pozycji materiałowych (Q_0) oraz maksymalną wielkość zamówienia:

$$Q_{0x} = 200 * (5+2) = 1400 \text{ sztuk}$$

$$Q_{0y} = 200 * (4+1) = 1000 \text{ sztuk}$$

$$Q_{maxx} = 200 * 5 = 1000$$

$$Q_{maxy} = 200 * 4 = 800$$

Należy wyraźnie zaznaczyć, iż Q_{max} stanowi maksymalną wielkość zamówienia jakie KP2 może złożyć swojemu dostawcy, jednak rzeczywista wielkość tego zamówienia będzie zależała od konsumpcji, jaka nastąpiła w ciągu ostatnich pięciu dni.

nującym proces przepływu materiałów wzdłuż systemu (proces uzupełniania materiałów w ramach poszczególnych ogniw). Innymi słowy: każdy materiał (półprodukt), który został „skonsumowany” przez dane ogniwo, powinien być w wyznaczonym momencie uzupełniony. W tym celu należy ustalić dla każdego nabywanego materiału interwały czasu (TBP), pomiędzy którymi będą przeglądane ich stany, a w efekcie - w oparciu o rzeczywistą konsumpcję - będzie podejmowana decyzja o wielkości uzupełnienia. W ten sposób można ustalić maksymalną konsumpcję materiałów w danym przedziale czasu ($Q_{max} = RBILL * TBP$) oraz maksymalny poziom zapasów danego materiału, jakie znajdują się w systemie ($Q_0 = RBILL * (TBP + LT)$), gdzie LT oznacza czas dostawy danego materiału. Warto zaznaczyć, iż wielkość jednorazowej dostawy nie powinna przekraczać Q_{max} , natomiast wartość zapasów przy rozpoczęciu działania systemu zgodnie z teorią 3C nie powinna przekraczać Q_0 .

Tak zaprogramowany łańcuch dostaw jest w stanie dostarczyć dowolną konfigurację produktów, biorąc pod uwagę ustalony wcześniej poziom obsługi, który z kolei wyznaczany jest w oparciu o zdolności całego łańcucha. A zatem, jak przekonują twórcy 3C, jedynym sposobem w jaki zmienność popytu może spowodować niezdolność łańcucha dostaw do zrealizowania zamówienia, jest brak wystarczających zdolności

przerobowych, a nie brak niezbędnych materiałów w systemie [2, s. 95].

Jak dowodzą symulacje prowadzone tak przez twórców koncepcji, jak również pracowników naukowych Stanford University i Eindhoven University of Technology, optymalizowanie łańcucha dostaw zgodnie z założeniami 3C jest szczególnie korzystne w sytuacjach dużej zmienności popytu oraz wysokiego stopnia uniwersalności, wykorzystywanych w danym systemie materiałów [2., s. 105 – 129]. W tych warunkach 3C jest znacznie lepszym rozwiązaniem, aniżeli porównywane do niego systemy klasy MRPII.

Reasumpcją rozważań niech będzie próba odpowiedzi na pytanie, czy teoria ograniczeń może znaleźć zastosowanie w polskich łańcuchach dostaw? Wydaje się, że odpowiedź jest twierdząca. Pod warunkiem jednak, że menedżerowie będą zdawać sobie sprawę, iż jakakolwiek koncepcja wykorzystywana do zarządzania łańcuchem dostaw powinna być uzależniona od celów, jakie stawia się temu systemowi. A idąc dalej - zależna od strategii konkurencyjnej, dającej firmie trwałą przewagę nad rywalami na obsługiwanych rynkach. Teoria ograniczeń nie stanowi bowiem antidotum na problemy wiążące się z funkcjonowaniem łańcuchów dostaw we wszystkich warunkach rynkowych. Zdaniem autora, sprawdza się ona przede wszystkim w sytuacjach występowania

ograniczeń w instytucjonalnych ograniczeniach łańcuchów dostaw (a nie ograniczeń rynkowych), jak również tam, gdzie redukcja kosztów nie jest najważniejszym, czy wręcz jedynym celem stawianym przed zarządzającymi łańcuchami dostaw. Na podstawie prezentowanych w artykule koncepcji - DBR i 3C - można stwierdzić ponadto, iż teoria ograniczeń i bazujące na niej rozwiązania mogą przynieść poprawę funkcjonowania łańcuchów dostaw w warunkach mało przewidywalnego popytu. Autor uważa, iż teoria ograniczeń z jednej strony powinna budzić zainteresowanie menedżerów mających problemy z pozycjonowaniem i wyznaczaniem wielkości zapasów w swoich łańcuchach dostaw, a z drugiej tych, którzy wdrażają koncepcję odchudzonego zarządzania, uznając ją jako jedynie słuszną drogę optymalizacji łańcuchów dostaw.

LITERATURA:

- [1] S. J. Balderstone, V. J. Mabin, A Review of Goldratt's Theory of Constraints (TOC) - lessons from the international literature, www.mep.org/textfiles/TOC/results.pdf
- [2] M. Fernandez - Randa, F. Gurrola - Gal, E. Lopez - Tello, 3C A Proven Alternative to MRPII for Optimizing Supply Chain Performance, St. Lucie Press, N. W., 2000
- [3] R. Moore, L. Scheinkopf, Theory of Constraints I Lean Manufacturing; przyjaciele czy wrogowie? www.leanunlimited.pl/artykuly
- [4] Theory of Constraints and its Thinking Process, www.goldratt.com/tocpwp1.htm
- [5] M. Pitcher, Examining Just-In-Time and Theory of Constraints, www.sme.org/cgi-bin/get-newsletter.pl?LEAN&20030313&1&8
- [6] E. Schragenheim, W. Dettmer, Simplified Drum-Buffer-Rope. A Whole System Approach to High Velocity Manufacturing, www.globalsys.com.htmlobj-269/S-DBRpaper.pdf
- [7] T. Corbett, Drum-Buffer-Rope, www.corbett.pro.br
- [8] G. Najarian, The Pull System Mystery Explained: Drum, Buffer & Rope With a Computer, [www.themanager.org/strategy/Pull system.htm](http://www.themanager.org/strategy/Pull%20system.htm)
- [9] D. A. Smith, Linking The Supply Chain Using The Theory Of Constraints. Logistical Applications And The New Role Of Inventory Management, [www.sapic.org.za/proceedings/2002 smith/pdf](http://www.sapic.org.za/proceedings/2002%20smith/pdf)
- [10] R. E. Fox, The Theory of Constraints - Past or Future?, www.tocc.com
- [11] J. J. Smith, Theory of Constraints and MRP II: From Theory to Results
- [12] M. Hamzeshpour, F. Choobinch, 3C An Output from Theory of Constraints (TOC), www.nabro.unl.edu/about/staff/marjan
- [13] E. A. Silver, D. F. Pyke, R. Peterson, Inventory Management and Production Planning and Scheduling, John Wiley & Sons, 1998