

Bartłomiej Rodawski
Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu

Zastosowanie teorii ograniczeń w zarządzaniu łańcuchem dostaw (cz. 1)

Teoria ograniczeń (TOC – *Theory of Constraints*) została opracowana przez izraelskiego fizyka E. Goldratt’a w latach 70. ub. stulecia. TOC była początkowo koncepcją wykorzystywaną jedynie w środowisku produkcyjnym (harmonogramowanie produkcji), jednak dzisiaj można znaleźć przykłady jej zastosowań zarówno w dystrybucji, zaopatrzeniu, jak też marketingu [1,10], a zatem w różnych obszarach zarządzania łańcuchem dostaw.

Zgodnie z podstawowym założeniem teorii ograniczeń, przedsiębiorstwo (łańcuch dostaw) traktowane jest jako zespół wzajemnie powiązanych ze sobą elementów. Każdy element jest zależny od innego, a działanie całego przedsiębiorstwa (grupy przedsiębiorstw) uzależnione jest od wspólnych wysiłków wszystkich elementów [7]. W każdym systemie można ponadto wyróżnić najsłabszy element – ograniczenie, które warunkuje efektywność działania całego systemu. Twórcy teorii ograniczeń postulują, iż należy zidentyfikować to ograniczenie, a następnie odpowiednio nim zarządzać po to, by poprawić efektywność działania całego systemu.

Ograniczeniem w rozumieniu TOC jest wszystko, co ogranicza zdolności systemu do osiągnięcia celu, którym jest maksymalizacja zysku [7]. Każde przedsiębiorstwo posiada przynajmniej jedno ograniczenie; jeżeli by tak nie było, firmy osiągałyby nieograniczone zyski [7].

Podstawowym miernikiem, służącym do oceny stopnia realizacji tak postawionego celu, jest w teorii ograniczeń wartość produkcji sprzedanej przedsiębiorstwa (*throughput*). Obok tego miernika wykorzystywane są również:

a) zapasy – pieniądze zamrożone w ma-

teriałach, które będą przetworzone i sprzedane jako wyroby gotowe

b) wydatki operacyjne – koszty przekształcenia zapasów w sprzedawane produkty.

Każde przedsiębiorstwo powinno dążyć do zwiększenia wielkości produkcji sprzedanej, zapewniając przy tym obniżkę zapasów i wydatków operacyjnych, co pozwoli oczywiście zwiększać jego zyski, a zatem osiągać podstawowy cel.

TOC jest najczęściej postrzegana jako:

- filozofia zarządzania organizacją

(sposób myślenia), zgodnie z którą chcąc usprawnić działanie danego systemu, menedżer powinien skoncentrować się tylko na wybranych obszarach – ograniczeniach [12]

- zestaw narzędzi używanych do zarządzania ograniczeniami w firmie. Najbardziej znanym narzędziem, które stanowi zresztą podwaliny teorii ograniczeń, jest koncepcja harmonogramowania produkcji OPT (*Optimization Production Technology*), a w jej ramach DBR (*drum – buffet – rope*) – technika służąca usprawnia-

Przykład 1

Aby określić zdolność systemu do zwiększania zysku zgodnie z TOC skonstruowano specjalny rachunek (*throughput accounting*) Poniższy przykład przedstawia procedurę postępowania przy podejmowaniu decyzji dotyczącej sposobu wykorzystania zdolności ograniczenia.

ZAŁOŻENIA

Produkt	A	B
Cena (zł/sztukę)	80	100
Koszt materiałów (zł/sztukę)	20	25
Koszt operacyjny (zł/sztukę)	10	10
Tygodniowy popyt (sztuki)	200	110
Czas zajęcia wąskiego gardła (godzin/sztukę)	0,2	0,5
Zysk (zł/sztukę)	50	65

Zdolności produkcyjne wąskiego gardła 60 godzin/ tydzień

ROZWIĄZANIE

Zgodnie z drugim krokiem przedstawionej wyżej procedury należy ustalić najbardziej efektywny sposób wykorzystania wąskiego gardła. W tym celu stosowany jest miernik stanowiący iloraz rentowności produktu i czasu zajęcia wąskiego gardła przez dany produkt .

$$\text{Dla produktu A} - \frac{50\text{zł}}{0,2\text{godziny}} = 250\text{zł / godzinę}$$

$$\text{Dla produktu B} - \frac{65\text{zł}}{0,5\text{godziny}} = 130\text{zł / godzinę}$$

Z obliczeń wynika, że bardziej opłacalne, z punktu widzenia wykorzystania zdolności ograniczenia jest wytwarzanie produktu A. W związku z tym należy w pierwszej kolejności poświęcić zdolności wąskiego gardła na zaspokojenie popytu na wyrób A, natomiast pozostałą część wykorzystać do wytwarzania wyrobu B.

Produkt	A	B
Wielkość produkcji (sztuki)	200	40
Czas zajęcia wąskiego gardła (godziny)	40	20
Zysk (zł/tydzień)	10000	2600
Zysk całkowity (zł/tydzień)	12600	

Źródło: E.A. Silver, D.F. Pyke, R. Peterson, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, John Wiley & Sons, 1998

niu przepływów materiałów [3].

Teoria ograniczeń w swym szerszym znaczeniu – jako sposób myślenia – oznacza dążenie do ciągłego zwiększania efektywności systemu [10]. Zdaniem Goldratt’a, cel ten osiąga się poprzez proces postępowania składający się z pięciu kroków:

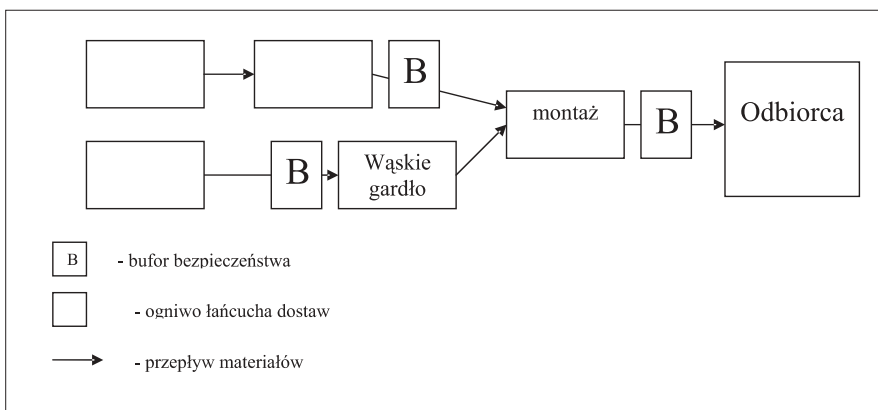
- 1) **identyfikuj ograniczenie** – ograniczenie może wystąpić wewnątrz przedsiębiorstwa bądź w innym ogniwie łańcucha dostaw
- 2) **zdecyduj, jak to ograniczenie wino być wykorzystywane** – należy dążyć do tego, aby eksploatować ograniczenie w sposób pozwalający zwiększać wartość produkcji sprzedanej całego systemu¹
- 3) **podporządkuj cały system ograniczeniu** – czyli dostosowanie rytmu funkcjonowania pozostałych elementów systemu do rytmu ograniczenia
- 4) **usprawnij działanie ograniczenia** – jeżeli ograniczeniem są zdolności produkcyjne, należy je powiększyć; jeżeli dostawcy – należy poszukiwać nowych źródeł zaopatrzenia itd.
- 5) **wrót do punktu pierwszego** – jako że w poprzednim kroku zidentyfikowane wcześniej ograniczenie zostało wyeliminowane, należy system poddać ponownej ocenie, tak aby zidentyfikować kolejne, najsłabsze w danym momencie ogniwo.

Na podstawie powyższej charakterystyki można wskazać ogólne wskazówki płynące z teorii ograniczeń, pomocne w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Po pierwsze, chcąc usprawnić funkcjonowanie łańcucha dostaw, należy zidentyfikować jego najsłabsze ogniwo – to ono bowiem warunkuje efektywność działania całego systemu. A zatem TOC wskazuje, gdzie należy rozpoczynać reorganizację łańcucha dostaw. Po drugie, zgodnie z teorią ograniczeń działanie całego systemu należy koordynować w oparciu o bieżące możliwości wąskiego gardła – i tak

cały system nie będzie działał lepiej niż ograniczenie, a może nawet działać gorzej w przypadku braku koordynacji. Tak więc TOC wskazuje ogniwo, do którego należy dostroić działanie całego łańcucha. Po trzecie, teoria ograniczeń proponuje zgoła inne podejście do zarządzania łańcuchem dostaw, aniżeli modna obecnie koncepcja odchudzania organizacji (łańcucha dostaw). Jeżeli ta druga postuluje przede wszystkim konieczność ograniczania kosztów poprzez redukcję niepotrzebnych operacji i elementów danego systemu (z punktu widzenia zarządzania łańcuchem dostaw będzie to przede wszystkim eliminacja zapasów i punktów ich składowania), o tyle TOC wskazuje głównie na potrzebę maksymalizacji wartości produkcji sprzedanej biorąc pod uwagę ograniczenia, jakie w danym momencie występują w systemie (jak się dalej okaże, techniki oparte na teorii ograniczeń uzasadniają konieczność utrzymywania zapasów w systemie wskazując przy tym, gdzie powinny się one znajdować). Powstaje zatem pytanie: czy jedna z tych dwóch koncepcji jest lepsza od drugiej? Wydaje się, iż podejście do zarządzania łańcuchem dostaw powinno zależeć od strategii łańcucha dostaw, która z kolei musi być podporządkowana strategii konkurencyjnej, a dalej specyficznym cechom obsługiwanych rynków. Na rynkach, gdzie suk-

ces gwarantuje przewaga kosztowa, łańcuch dostaw powinien być odchudzony. Natomiast te rynki, na których klienci wymagają przede wszystkim zróżnicowanych produktów oraz wysokiego poziomu obsługi logistycznej, lepsze rezultaty można uzyskać stosując założenia teorii ograniczeń.²

W swym drugim znaczeniu, a więc jako zestaw narzędzi służących do zarządzania przepływem dóbr w ramach wąskich gardeł, teoria ograniczeń utożsamiana jest przede wszystkim z koncepcją OPT, która stanowi algorytm służący do harmonogramowania produkcji, wykorzystywany w przedsiębiorstwach jako pakiet softwarowy [10]. Samo oprogramowanie OPT, biorąc pod uwagę tematykę artykułu, nie zostanie scharakteryzowane.³ Opisana zostanie natomiast koncepcja sterowania przepływem materiałów, wykorzystywana w ramach techniki OPT. Nosi ona nazwę bębna – bufora – liny (DBR *drum – buffer – rope*). W koncepcji tej, zgodnie z filozofią TOC, identyfikuje się w pierwszej kolejności wąskie gardło. Następnie przekształca się potrzeby rynku (przewidywane lub rzeczywiste) na harmonogram pracy wąskiego gardła (zakładając, że wąskie gardło występuje wewnątrz systemu), co powoduje, iż przepływ materiału jest regulowany harmonogramem pracy wąskiego gardła; to w oparciu o nie tworzone są harmonogramy pracy pozostałych ogniw w systemie. Ów harmonogram pełni



Rys. 1. Lokalizacja buforów bezpieczeństwa w łańcuchu dostaw. Źródło: opracowanie własne

¹ Przykłady działań pozwalających zwiększać efektywność ograniczenia znajdują się w [3]

² Więcej na temat strategii łańcucha dostaw zob. B. Rodawski, *Strategia konkurencyjna w tworzeniu łańcucha dostaw, Modelowanie procesów i systemów logistycznych część II*, praca zb. pod red. M. Chabetka, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2002, s. 37- 48 oraz B. Rodawski, *Szybkie i elastyczne a odchudzone łańcuchy dostaw*, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, 2004, nr 6 s. 13-21

rolę **bębna** wyznaczającego rytm systemu. **Lina** to inaczej system komunikacyjny, który uruchamia przepływ materiałów w ramach innych ogniw systemu, zgodnie z rytmem pracy wąskiego gardła. A zatem podstawowym celem liny jest z jednej strony wyeliminowanie zagrożenia, że wąskie gardło zostanie „zasypane” zapasami, których nie będzie mogło w danym okresie przetworzyć, a z drugiej zapewnienie, iż materiały w sposób skoordynowany i możliwie najszybszy „przepłyną” z wąskiego gardła do kolejnych ogniw łańcucha dostaw, a w efekcie do odbiorcy. Trzecim elementem omawianej koncepcji jest **bufor bezpieczeństwa**, którego rolę pełnią zapasy. Istnieją trzy rodzaje buforów bezpieczeństwa, choć nie każdy musi być utworzony w danym systemie [7]:

1. bufor ograniczenia – występuje przy wąskim gardle
2. bufor dostaw – zapasy wyrobów gotowych, które w każdej chwili mogą być dostarczone odbiorcy
3. bufor montażowy – występuje w sytuacji, gdy materiały przechodzące przez wąskie gardło będą potem montowane wspólnie z materiałami nie przechodzącymi przez to ograniczenie. Te pierwsze są często dostarczane wcześniej po to, aby rozpocząć montaż natychmiast, gdy półprodukty opuszczą wąskie gardło.

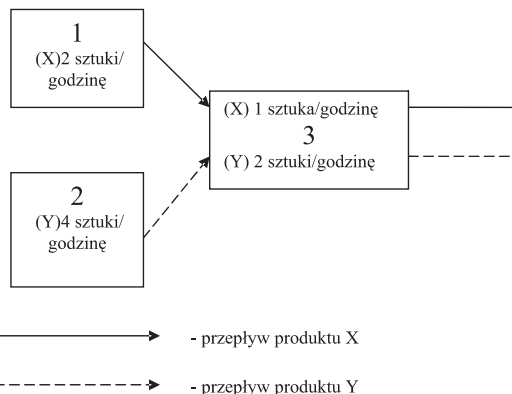
Najczęściej występuje pierwszy rodzaj bufora, czyli zapasy dostarczane do wąskiego gardła pewien czas przed wystąpieniem potrzeby materiałowej (w ramach wąskiego gardła); stąd koncepcję DBR można określić mianem „trochę przed czasem” (*JBT just before time*). Oczywiście należy dbać o właściwy poziom zapasu bezpieczeństwa, który ustala się na drodze procesu doskonalenia [7]. Bez wątplenia wielkość zapasu winna być ustalana w oparciu o dane na temat zmienności procesu przepływu materiałów oraz zdolności innych elementów systemu (im mniejsza zmienność procesu przepływu materiałów oraz większa zdolność pozostałych elementów w stosunku do zdolności wąskiego gardła, tym mniejszy zapas bezpieczeństwa).

Przykład 2

W poniższym modelu zilustrowano uproszczony schemat działania koncepcji DBR

Założenia:

1. W ramach łańcucha dostaw wytwarzane są dwa produkty:
X – przepływa przez ogniwa 1,3
Y – przepływa przez ogniwa 2,3
2. Zdolności poszczególnych ogniw przedstawione zostały na rysunku:



3. Tydzień pracy – 7 dni po 8 godzin (8⁰⁰-16⁰⁰)
4. Czas przebrojenia ogniwa 3 – 1 godzina
5. Bufory bezpieczeństwa zlokalizowane są przed wąskim gardłem
- dla produktu X – 5 godzin
- dla produktu Y – 8 godzin
6. czas dostaw pomiędzy poszczególnymi ogniwami 0 godzin
7. harmonogram realizacji zamówień jest następujący

Produkt	Ilość	Data	godzina
X	168	30/11/2004	15 ⁰⁰
Y	112	7/12/2004	16 ⁰⁰

ROZWIĄZANIE

W pierwszej kolejności należy, w oparciu o złożone zamówienia, opracować harmonogram pracy wąskiego gardła (pełni on rolę bębna w systemie)

Harmonogram pracy wąskiego gardła

Produkt	Ilość	Zakończenie		Rozpoczęcie	
		Data	Godzina	data	Godzina
X	168	30/11/2004	15 ⁰⁰	9/11/2004	15 ⁰⁰
Y	112	7/12/2004	16 ⁰⁰	1/12/2004	8 ⁰⁰

W oparciu o „rytm bębna” ustala się harmonogram pracy ogniw poprzedzających (lina) uwzględniając bufor bezpieczeństwa.

Harmonogram pracy ogniw 1 i 2

Stanowisko	Produkt	Ilość	Zakończenie		rozpoczęcie	
			data	Godzina	data	Godzina
1	X	168	9/11/2004	10 ⁰⁰	29/10/2004	14 ⁰⁰
2	Y	112	29/11	16 ⁰⁰	26/11/2004	12 ⁰⁰

Źródło: opracowanie własne na podstawie T. Corbett, *Drum-Buffer-Rope*, www.corbett.pro.br

Jeżeli ograniczenie występuje na rynku (ma charakter popytowy), wówczas tworzy się jedynie bufor dostaw. W przypadku ograniczenia wewnątrz systemu, tworzy się najczęściej tzw. bufor ograniczenia i w określonych środowiskach produkcyjnych – montażowy.

Należy wreszcie zwrócić uwagę, iż oprócz zapasów bezpieczeństwa ochronę przed niepewnością stanowią wolne moce produkcyjne poszczególnych ogniw nie będących wąskimi gardłami, których rytm pracy jest dostosowany do możliwości ograniczenia.