

Anna Krakowiak-Bal

**WYKORZYSTANIE METOD
PLANOWANIA SIECIOWEGO DO USPRAWNIENIA
PROCESÓW LOGISTYCZNYCH NA PRZYKŁADZIE
PRZEDSIĘBIORSTWA PRZETWÓRSTWA
ROLNO-SPOŻYWCZEGO**

***NETWORK PLANNING METHODS FOR LOGISTICS
PROCES IMPROVEMENT ON THE EXEMPLIFICATION
OF AGRI-FOOD PROCESSING ENTERPRISE***

Streszczenie

Racjonalizacja procesów logistycznych może być jednym ze sposobów zwiększenia konkurencyjności i efektywności przedsiębiorstw agrobiznesu. Jej efektem jest odpowiednia organizacja zaopatrzenia i dystrybucji, uwzględniająca zachowanie odpowiedniej jakości produktów świeżych oraz efektywna gospodarka zapasami. Wraz ze wzrostem skali działania przedsiębiorstw agrobiznesu rośnie rola zarządzania logistyką skupu surowców, ich jakością oraz przepływem informacji w łańcuchu dostaw produktów świeżych. W opracowaniu przedstawiono praktyczne zastosowania metody planowania sieciowa MPM-METRA, do usprawnienia procesu logistycznego w przedsiębiorstwie przetwórczym. Wskazano możliwe aspekty zastosowania metody w przedsiębiorstwach oraz wymieniono jej główne zalety i wady.

Słowa kluczowe: procesy logistyczne, logistyka zaopatrzenia, metody planowania sieciowego, MPM-METRA

Summary

The rationalization logistic processes can be a mean to increase the competitiveness and efficiency of agribusiness enterprises. It results with adequate supply and distribution organization, including the proper quality of fresh raw

materials and effective inventory management. The paper presents a practical application of network planning methods MPM-METRA, to improve and facilitate the logistics process in the agroprocessing industry. The possible aspects of the method application in enterprises and lists the main advantages and disadvantages were indicated.

Keywords: *logistic processes, supply chain, network planning methods, Metra Potential Method*

WPROWADZENIE

Systemy logistyczne są definiowane jako systemy uczestniczące w czasowo-przestrzennej transformacji dóbr materialnych, natomiast procesy w nich zachodzące to procesy logistyczne [Ficoń, 2008]. Procesy logistyczne są związane zarówno z przepływem materiałów, jak i informacji od dostawców czynników produkcji do ich użytkowników, wraz z utylizacją, powstałych w procesie, odpadów. Tak więc, proces logistyczny należy rozumieć jako uporządkowany łańcuch wszystkich operacji związanych z przepływem szeroko pojętych materiałów.

Do podstawowych procesów logistycznych należy zaliczyć [Krawczyk, 2001]:

- procesy zaopatrzenia,
- procesy produkcji,
- procesy dystrybucji,
- procesy utylizacji.

Zatem mówiąc o usprawnieniu i właściwej efektywności procesu logistycznego należy brać pod uwagę działania zmierzające do udoskonalenia tych czynności.

W przedsiębiorstwie, na procesy logistyczne składają się produkty (m.in. surowce, materiały, półprodukty, wyroby gotowe) i informacje. Pozostałe zmienne, zwłaszcza środki trwałe, tworzą infrastrukturę tych procesów, uczestnicząc w przepływach strumieni rzeczowych lub informacyjnych.

Racjonalizacja procesów logistycznych może być jednym ze sposobów zwiększenia konkurencyjności i efektywności przedsiębiorstw agrobiznesu. Jej efektem jest odpowiednia organizacja zaopatrzenia i dystrybucji, uwzględniająca zachowanie odpowiedniej jakości produktów świeżych oraz efektywna gospodarka zapasami. Wraz ze wzrostem skali działania przedsiębiorstw agrobiznesu ważną rolę odgrywają rozwiązania związane z zarządzaniem logistyką skupu surowców, ich jakością oraz przepływem informacji w łańcuchu dostaw produktów świeżych [Wicki, Jałowiecki, 2010].

Niewątpliwie, procesy logistyczne stały się integralnym składnikiem ekonomiki każdego przedsiębiorstwa, jak też nowych dziedzin i działań, zwiększa-

jących sprawność przepływu dóbr zarówno w skali mikro jak i makroekonomicznej [Skowronek, Sarjusz-Wolski, 2003].

Wszystkie procesy logistyczne powinny spełniać warunki określone jako zasada 6 W, tzn.:

- właściwy towar,
- we właściwej ilości,
- we właściwym czasie,
- na właściwe miejsce,
- o właściwej jakości,
- po właściwych kosztach.

Ważnym elementem procesu logistycznego jest zaopatrzenie. Zazwyczaj polega ono na gromadzeniu środków do produkcji, surowców bądź też towarów, bez udziału których przedsiębiorstwo nie będzie mogło prawidłowo funkcjonować. Bez podstawowych zasobów wykonywanie statutowej działalności każdego przedsiębiorstwa staje się wręcz niemożliwe. Działania firmy w zakresie prawidłowego zaopatrzenia stają się kluczowym czynnikiem jej istnienia i konkurencyjności. Istotne jest aby proces zaopatrzenia prowadzony był w sposób ciągły i łączył w sobie monitorowanie powstałych potrzeb z szybką reakcją na ich zaspokojenie.

W sektorze przetwórstwa rolno-spożywczego można zaobserwować potencjał do poprawy nowoczesności rozwiązań z zakresu logistyki. Jedną z barier rozwoju tego potencjału może być ograniczona świadomość w tym zakresie [Baran, 2011].

CEL OPRACOWANIA

Problemem w działalności wielu przedsiębiorstw rolno-spożywczych może być sprawność procesów zaopatrzenia. Ich zadaniem jest zapewnienie przedsiębiorstwu sprawnego zasilania we wszystkie materiały niezbędne do prowadzenia ciągłej i rytmicznej działalności gospodarczej. Jest to efekt maksymalnego zabezpieczenia wszelkich potrzeb materiałowych przedsiębiorstwa, po minimalnych kosztach logistycznych realizacji rynkowych dostaw zaopatrzeniowych.

Materiały mogą być pozyskiwane z dwóch zasadniczych źródeł [Ficoń, 2008]:

- zamawiane bezpośrednio u producenta (dostawcy),
- nabywane na rynku zaopatrzeniowym (pośrednicy).

Kluczowym, zadaniem może być ustalenie poprawnego harmonogramu dostaw. Wśród korzyści, wiążących się z jego opracowaniem należy wymienić: brak przestoju w produkcji, ograniczenie strat przewożonych surowców, brak dodatkowych kosztów ponoszonych przed przedsiębiorstwem związanych z nieterminowym dostarczeniem surowców czy produktów gotowych. Stąd, odpo-

wiednie zarządzanie dostawami surowca to ciągły bezpostojowy cykl produkcyjny, zwiększenie dochodów oraz większe zadowolenie klienta, odbiorcy.

Dlatego, celem opracowania jest propozycja usprawnienia procesu zaopatrzenia w wybranym przedsiębiorstwie przemysłu rolno-spożywczego, przy wykorzystaniu metody planowania sieciowego. Trudnością w realizacji zadania jest specyfika dostarczanych surowców, którymi jest żywy inwentarz, drób. Stąd, transport surowca musi odbywać się płynnie, bez zbędnych postojów. Nie można dopuścić do najmniejszych strat przewożonego surowca zwierzęcego.

Transporty tuczu zwierzęcego muszą trafić do zakładu o odpowiedniej godzinie, w celu uniknięcia przestojów w produkcji. Dzięki zaproponowanej metodzie planowania sieciowego, można przeanalizować cały cykl dostawczy, wyznaczyć graf czynności oraz wszystkie niezbędne czasy i terminy wykonania tych czynności, dzięki którym, cała produkcja będzie mogła odbywać się bez zakłóceń. Do analizy wybrano metodę MPM-METRA.

Umożliwia ona wyznaczenie całkowitego czasu trwania wszystkich czynności w procesie zaopatrzenia, określenie zapasów czasu oraz, co najważniejsze, wyznaczenie najwcześniejszych i najpóźniejszych możliwych terminów rozpoczęcia i zakończenia czynności. Po wyznaczeniu wszystkich terminów harmonogram czynności dla przedsiębiorstwa może ulec zmianie. Zmiana ta spowoduje to, że przestoje czy opóźnienia przestaną zagrażać prawidłowemu i sprawnemu funkcjonowaniu przedsiębiorstwa, bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów wynikających z nieterminowości dostaw surowca.

Materiał źródłowy stanowiły m.in. codzienne raporty zapisów GPS dla poszczególnych środków transportowych.

METODA

Metodą wykorzystaną w analizie jest metoda planowania sieciowego: metoda MPM (*Metra Potential Method*), wykorzystująca przedstawienie struktury procesu w postaci wykresu sieciowego.

Do innych metod planowania sieciowego należą:

CPS – (*critical path scheduling*) harmonogram ścieżki krytycznej,

CPM – (*critical path method*) metoda ścieżki krytycznej,

PERT – (*program evaluation and review task*) technika oceny i kontroli programu.

Analiz można dokonać za pomocą rysunku sieci (graficznie) lub też algorytmu macierzowego (analitycznie).

Dowolny proces można przedstawić za pomocą tego grafu, należy jednak pamiętać o wcześniejszym wyodrębnieniu i oznaczeniu czynności tego procesu w celu ich łatwej identyfikacji na grafie. Należy również określić czas trwania każdej ze zidentyfikowanych czynności oraz kolejność ich wykonania [Woźniak, 2010].

Analiza stworzonego grafu pozwala określić najwcześniejszy oraz najpóźniejszy termin rozpoczęcia oraz zakończenia danej czynności. Daje ona również możliwość wyznaczenia zapasu czasu, rezerwy czynności. Jest to odcinek czasu (jego długość) o jaki wolno opóźnić realizację danej czynności, jednocześnie nie doprowadzając do opóźnienia całego przedsięwzięcia [Trzaskalik, 2003]. Dzięki analizie sieci zależności można określić również ścieżkę oraz czynności krytyczne. Droga krytyczna składa się z dwóch kroków, kroku w przód oraz kroku w tył. Krok w przód czyli najwcześniejszy moment na rozpoczęcie oraz zakończenie danej czynności. Krok w tył, czyli najpóźniejszy moment na rozpoczęcie oraz zakończenie danej czynności. Czynności te muszą wchodzić w skład analizowanego przedsięwzięcia [Trzaskalik, 2003]. Podobnie jak w innych metodach sieciowych, w tej również graf składa się z węzłów i krawędzi. Elementem wyróżniającym metodę MPM-METRA od pozostałych jest to, iż węzły oznaczają czynności, a krawędzie, zaopatrzone w strzałki kierunkowe, służą jedynie do uporządkowania całego grafu. Wykazują one kolejność i współzależność czynności między sobą w konkretnym czasie. Nad i pod krawędziami zapisywane są oznaczenia liczbowe. Określają one najwcześniejszy termin rozpoczęcia czynności (bezpośrednio po rozpoczęciu czynności poprzedzającej) oraz najpóźniejszy termin rozpoczęcia czynności. Wartość oznaczona jako najwcześniejsza zawsze jest zapisywana jako dodatnia, natomiast wartość najpóźniejsza jako ujemna.

Konstruując graf, każda czynność na nim zamieszczona ma swój odpowiednio przyporządkowany numer. Węzły sieci, oznaczające czynności, przedstawiane są w postaci prostokątów, wewnątrz których umieszczają się symbolowe i liczbowe oznaczenia informujące o rodzaju czynności prezentowanej przez węzeł (rys. 1).

ES	D	EF
LS	TF	LF

Rysunek 1. Opis wybranej czynności w MPM METRA
Figure 1. Main properties of the selected activities – MPM Method

gdzie:

- ES (Early Start) – najwcześniejszy możliwy czas rozpoczęcia,
- LT (Latest Start) – najpóźniejszy dopuszczalny termin rozpoczęcia
- EF (Early Finish) – najwcześniejszy możliwy czas zakończenia
- LF (Latest Finish) – najpóźniejszy dopuszczalny czas zakończenia
- D – czas realizacji zadania

Każdy graf sieciowy w MPM rozpoczyna się od węzła początkowego, który nie oznacza żadnej czynności i oznaczony jest symbolem START. Czas węzła początkowego jest równy zero. Od niego liczy się czasy rozpoczęcia i ukończenia poszczególnych czynności [Woźniak 2010].

W oparciu o odpowiednio skonstruowany graf można w łatwy sposób sporządzić macierz incydencyjną. Do poszczególnych pól macierzy wpisuje się odpowiednie wartości reprezentowane przez łuki, czyli najwcześniejszy i najpóźniejszy termin rozpoczęcia każdej czynności. Początek łuku zapisuje się w wierszach (czynność początkowa), natomiast końce łuku w kolumnach (czynność końcowa).

Konieczne jest wyznaczenie następujących wielkości:

$$t^{0k} = t^{0p} + t_N \quad (1)$$

gdzie:

- t^{0k} – najwcześniejszy czas zakończenia czynności
- t^{0p} – najwcześniejszy czas rozpoczęcia czynności
- t_N – czas realizacji każdej czynności

$$t^{1k} = t^{1p} + t_N \quad (2)$$

gdzie:

- t^{1k} – najpóźniejszy czas zakończenia czynności
- t^{1p} – najpóźniejszy czas rozpoczęcia czynności

$$Z = t^{1k} - t^{0k} \text{ lub } Z = t^{1p} - t^{0p} \quad 3)$$

gdzie:

- Z – czas ukończenia całego przedsięwzięcia

Dodatkowo, w obliczeniach należy uwzględnić dodatnie i ujemne relacje między czynnościami (dostawami).

WYNIKI BADAŃ

Analiza danych źródłowych wykazała, że w procesie zaopatrzenia, można zidentyfikować dwie nieprawidłowości w terminowości dostaw. Surowiec dostarczany jest z opóźnieniem, lub, co także jest sytuacją niekorzystną, dostawa jest znacznie wcześniej, przed zaplanowanym terminem.

Opóźnienie w terminach dostaw, wiąże się przede wszystkim z poniesieniem dodatkowych kosztów wynikających z wydłużenia prac na linii produkcji, z oczekiwaniem na surowiec, oraz wynagrodzeniem dla pracowników za każdą godzinę dodatkowej pracy.

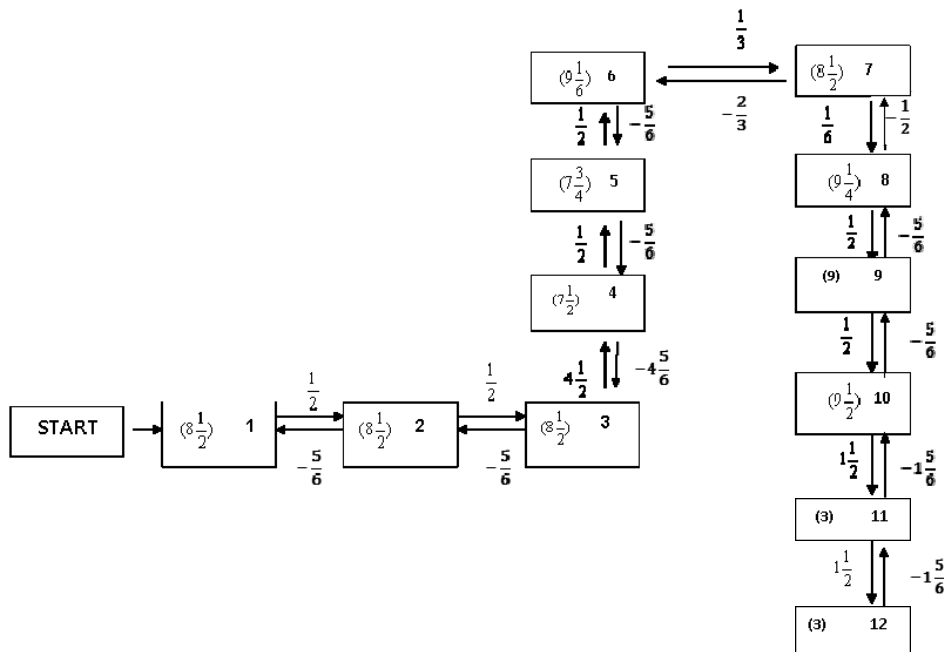
Zbyt wczesna dostawa, także wiąże się z obciążeniem finansowym (m.in. utrata inwentarza).

W oparciu o dane źródłowe, każdą dostawę opisano podstawowymi informacjami. W tab.1, przedstawiono tylko wybrany schemat dostaw.

Tabela 1. Podstawowa charakterystyka dostaw (losowo wybranym dzień)
Table 1. Basic supplies characteristics

Lp.	Dostawa (producent)	Planowany termin dostawy	Rzeczywisty termin dostawy
1	S	6:00	04:28
2	S	6:50	05:44
3	K	7:40	06:54
4	K	8:30	06:59
5	K	9:20	08:41
6	L	10:10	10:40
7	L	11:00	11:43
8	L	11:50	13:56
9	L	12:40	14:54
10	W	13:30	14:01
11	W	14:20	15:21
12	W	15:10	16:36

W kolejnym etapie, wyznaczono grafy przedstawiające sieci zależności MPM-METRA dla rozpatrywanych przedsięwzięć. Przykładowy zamieszczono na rys. 2.



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 2. Wybrany schemat sieci powiązań MPM-METRA
Figure 2. Networking scheme - sample

	ST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	t_N	t_N^{0p}	$t_N^{0p} + t_N$
ST		0												0	0	0
1			$\frac{1}{2}$											$8\frac{1}{2}$	0	$8\frac{1}{2}$
2		$-\frac{5}{6}$		$\frac{1}{2}$										$8\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9
3			$-\frac{5}{6}$		$4\frac{1}{2}$									$8\frac{1}{2}$	1	$9\frac{1}{2}$
4				$-4\frac{5}{6}$		$\frac{1}{2}$								$7\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	13
5					$-\frac{5}{6}$		$\frac{1}{2}$							$7\frac{3}{4}$	6	$13\frac{3}{4}$
6						$-\frac{5}{6}$		$\frac{1}{3}$						$9\frac{1}{6}$	$6\frac{1}{2}$	$15\frac{4}{6}$
7							$-\frac{2}{3}$		$\frac{1}{6}$					$8\frac{1}{2}$	$6\frac{5}{6}$	$15\frac{2}{6}$
8								$-\frac{1}{2}$		$\frac{1}{3}$				$9\frac{1}{4}$	7	$16\frac{1}{4}$
9									$-\frac{2}{3}$		$\frac{1}{2}$			9	$7\frac{1}{3}$	$16\frac{1}{3}$
10										$-\frac{5}{6}$		$\frac{1}{2}$		$9\frac{1}{2}$	$7\frac{5}{6}$	$17\frac{2}{6}$
11											$-\frac{5}{6}$		$\frac{1}{2}$	3	$9\frac{1}{3}$	$12\frac{1}{3}$
12												$-\frac{5}{6}$		3	$10\frac{5}{6}$	$13\frac{5}{6}$
t_N^{1p+}	0	0	$\frac{1}{2}$	1	$5\frac{1}{2}$	6	$4\frac{2}{3}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{7}{12}$	$4\frac{5}{6}$	$4\frac{1}{3}$	$7\frac{5}{6}$	$10\frac{5}{6}$	$13\frac{5}{6}$		
t_N^{1p-}	0	0	$-\frac{5}{6}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{5}{6}$	$-\frac{2}{6}$	$-\frac{5}{6}$	$7\frac{1}{6}$	$-7\frac{1}{3}$	$-7\frac{2}{3}$	$-8\frac{1}{6}$	$-9\frac{4}{6}$	$-11\frac{1}{6}$			
t_N^{1p}	0	0	$\frac{5}{6}$	$-\frac{1}{2}$	$5\frac{5}{6}$	$6\frac{2}{6}$	$6\frac{5}{6}$	$7\frac{1}{6}$	$7\frac{1}{3}$	$7\frac{2}{3}$	$8\frac{1}{6}$	$9\frac{4}{6}$	$11\frac{1}{6}$			

Rysunek 4. Macierz przedsięwzięcia z wyznaczonymi najwcześniejszymi terminami rozpoczęcia i ukończenia czynności

Figure 4. Matrix with the earliest starts and finish of analyzed supplies

Kolejno, na podstawie grafu MPM, możliwe było opracowanie macierzy relacji czasowych pomiędzy analizowanymi dostawami (czynnościami) oraz macierzy przedsięwzięcia z wyznaczonymi najwcześniejszymi terminami rozpoczęcia i ukończenia czynności (rys. 4).

Zestawienie najważniejszych wielkości wraz z wyznaczonym czasem całkowitym Z dla każdej dostawy przedstawia tab. 2.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń, można stwierdzić, że całkowity czas potrzebny na wykonanie czynności związanych z dostawą surowca, od producentów do przedsiębiorstwa, wynosi 14 godzin i 10 minut. Jest to najpóźniejszy możliwy czas zakończenia ostatniej czynności w tym przedsięwzięciu. Cały harmonogram czynności został tak skorygowany, aby wszelkie opóźnienia zostały zlikwidowane, a każda czynność posiadała odpowiedni zapas czasowy na wypadek nieprzewidzianych zdarzeń losowych, możliwych w trakcie dostaw. Ten zapas czasowy dla omawianego przypadku wynosi 20 minut. Przed dokonanymi zmianami całkowity czas ukończenia wszystkich czynności wynosił 17 godzin i 46 minut. Dzięki zastosowaniu metody MPM METRA, całkowity czas trwania przedsięwzięcia, skrócono o 3 godziny i 36 minut.

Tabela 2. Wyznaczone charakterystyki dla analizowanych dostaw
Table 2. Final values for analyzed supplies

Czynności	Czas trwania czynności	Najwcześniejsze		Najpóźniejsze		Z_N
		początki	końce	początki	końce	
		t_N	t_N^{0p}	t_N^{0k}	t_N^{1p}	
1	$8\frac{1}{2}$	0	$8\frac{1}{2}$	0	$8\frac{1}{2}$	0
2	$8\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{5}{6}$	$9\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$
3	$8\frac{1}{2}$	1	$9\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{6}$	$9\frac{5}{6}$	$\frac{2}{6}$
4	$7\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	13	$5\frac{5}{6}$	$13\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$
5	$7\frac{3}{4}$	6	$13\frac{3}{4}$	$6\frac{2}{6}$	$14\frac{1}{12}$	$\frac{2}{6}$
6	$9\frac{1}{6}$	$6\frac{1}{2}$	$15\frac{4}{6}$	$6\frac{5}{6}$	16	$\frac{2}{6}$
7	$8\frac{1}{2}$	$6\frac{5}{6}$	$15\frac{2}{6}$	$7\frac{1}{6}$	$15\frac{4}{6}$	$\frac{2}{6}$
8	$9\frac{1}{4}$	7	$16\frac{1}{4}$	$7\frac{1}{3}$	$16\frac{7}{12}$	$\frac{2}{6}$
9	9	$7\frac{1}{3}$	$16\frac{1}{3}$	$7\frac{2}{3}$	$16\frac{2}{3}$	$\frac{2}{6}$
10	$9\frac{1}{2}$	$7\frac{5}{6}$	$17\frac{2}{6}$	$8\frac{1}{6}$	$17\frac{4}{6}$	$\frac{2}{6}$
11	3	$9\frac{1}{3}$	$12\frac{1}{3}$	$9\frac{4}{6}$	$12\frac{4}{6}$	$\frac{2}{6}$
12	3	$10\frac{5}{6}$	$13\frac{5}{6}$	$11\frac{1}{6}$	$14\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$

DYSKUSJA I WNIOSKI

Wykazano, użyteczność metody MPM METRA w zarządzaniu procesami logistycznymi. Sama metoda posiada jasną koncepcję. W odróżnieniu od metody CPM/CPA, MPM wymaga mniejszej liczby węzłów i krawędzi, nie ma potrzeby wyznaczania czynności pozornych. Ponadto, w dowolnym momencie można zweryfikować, czy przedsięwzięcie jest realizowane zgodnie z wcześniej ustalonym harmonogramem oraz czy nie ma ewentualnych opóźnień. Jednakże należy podkreślić, że nie jest to metoda podejmowania decyzji, tylko ich monitoringu, gdyż dla danego przedsięwzięcia decyzje zostały już podjęte.

Pomysły usprawniania procesów logistycznych, muszą uwzględniać koszty, czas, wydajność i elastyczność tych procesów. Mogą one dotyczyć zmian w infrastrukturze logistycznej, jak i organizacji, zarządzania tymi procesami. W opracowaniu przedstawiono metodę, według której można oceniać i w odpowiedni sposób organizować proces zaopatrzenia.

Umiejętne wykorzystanie narzędzi wspomagających zarządzanie procesami logistycznymi, może przyczynić się do ich integracji w górę i w dół łańcucha dostaw.

Zatem, kształtowanie systemów logistycznych w przedsiębiorstwach agrobiznesu, polega na efektywnym gospodarowaniu zapasami i obniżaniu kosztów, przy jednoczesnej poprawie poziomu obsługi klienta.

BIBLIOGRAFIA

- Baran J., Jałowiecki P., Wysokiński M. *Rozwiązania w zakresie sterowania zapasami w wybranych branżach agrobiznesu*, Logistyka Nr 2/2011, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań str. 45-54.
- Ficoń K., *Logistyka ekonomiczna: procesy logistyczne*. Bel Studio, Warszawa 2008
- Krawczyk S. *Zarządzanie procesami logistycznymi*. PWE. Warszawa 2001 r.
- Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z. *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Naukowe PWE, Warszawa, 2007.
- Trzaskalik T. *Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2003.
- Wicki L., Jałowiecki P. *Zróżnicowanie poziomu organizacji logistyki w wybranych branżach agrobiznesu*, Logistyka Nr 3/10, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, (materiały CD).
- Woźniak A. *Grafy i sieci w technikach decyzyjnych, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Kraków, 2010

Dr Anna Krakowiak-Bal
Zakład Infrastruktury Technicznej i Ekoenergetyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków
e-mail: anna.krakowiak-bal@ur.krakow.pl