

MIŁOSZ Marek¹
MIŁOSZ Elżbieta²

Negatywne efekty w łańcuchach logistycznych – modele i przykłady

WSTĘP

Łańcuch dostaw (ang. *Supply Chain*), zwany także łańcuchem logistycznym, jest złożonym i rozproszonym systemem techniczno-organizacyjnym [14]. W jego skład wchodzi różnorodny zespół środków technicznych zorganizowanych we współdziałające ze sobą systemy oraz ludzie podejmujący decyzje, zwykle według znanych sobie zasad, intuicji, pomysłów czy algorytmów. Coraz częściej pracownicy-decydenci są zastępowani przez zintegrowane systemy informatyczne (typu ERP, ang. *Enterprise Resource Planning*), realizujące określone algorytmy, a więc „podejmujące” przewidywalne, deterministycznie decyzje.

Decyzje podejmowane przez decydentów lub też stosowne systemy informatyczne są zwykle optymalizowane pod kątem rezultatów działalności konkretnej firmy. Tymczasem w łańcuchu logistycznym firm jest wiele. Firmy te – ogniwa łańcucha – są niezależne i współpracują przy pomocy komunikatów. Komunikaty te to przepływ informacji pomiędzy ogniwami. Informacje te przede wszystkim zlecenia-zamówienia wywołujące przepływ materiałów, towarów itp.

W łańcuchach logistycznych zachodzą dynamiczne zjawiska. W związku z dużą liczbą losowych czynników wpływających procesy zachodzące w łańcuchu bardzo rzadko są one w stanie stabilnym.

Efekt destabilizacji łańcucha logistycznego jest wynikiem nakładania się wielu zjawisk, zachodzących w nim. Najważniejsze z nich zostały zidentyfikowane i nazwane. Są to [4, 5, 9, 13]:

- efekt Forreстера, związany ze wzmacnianiem się zaburzeń w strumieniach informacyjnych wynikających ze struktury i dynamicznych właściwości łańcuchów logistycznych oraz strategii decyzyjnych stosowanych w ich poszczególnych ogniwach;
- efekt Burbidge’a, związany z negatywnymi dla łańcucha konsekwencjami grupowania zamówień w tzw. partie ekonomiczne lub też stosowania naturalnych cykli przetwarzania informacji w poszczególnych ogniwach łańcucha;
- efekt Houlihana, związany z zachowaniem się decydentów wobec chwilowych braków w dostawach dóbr;
- efekt promocji, związany z manewrowaniem ceną dóbr w celu zwiększenia popytu i z jego konsekwencjami.

Destabilizacja łańcucha powoduje wzrost niepewności w dostawach towarów, co z kolei wywołuje działania zapobiegające i zapewniające utrzymanie właściwego poziomu obsługi klientów przez każde ogniwo. W zależności od typu ogniwa związane jest to ze wzrostem wielkości zapasów lub zdolności produkcyjnych. Wszystkie te działania prowadzą do wzrostu kosztów w całym łańcuchu i w jego poszczególnych ogniwach.

W artykule zaprezentowane zostały poszczególne efekty destabilizacji, ich modele oraz wyniki badań. Podjęto także próbę wskazania metod ograniczania negatywnych zjawisk.

1. EFEKT FORRESTERA

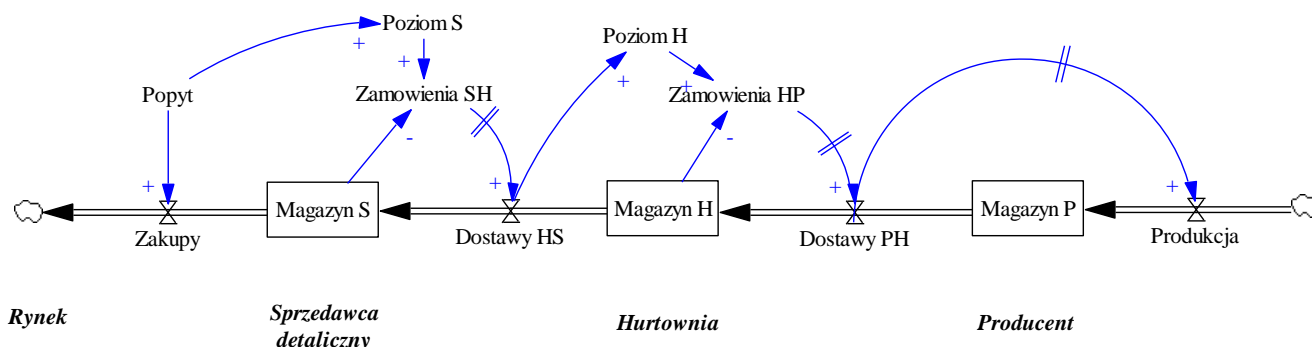
Efekt Forreстера, zwany także efektem byczego bicia (ang. *Bull-whip*) polega na wzmocnieniu zaburzeń w zamówieniach i, w konsekwencji, dostawach oraz wielkościach produkcji w poszczególnych ogniwach łańcucha. Efekt Forreстера jest nieuchronną konsekwencją struktury łańcucha logistycznego oraz jego ogni, opóźnień w nim występujących i lokalności podejmowanych decyzji.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Informatyki, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36B. Tel: + 48 81 53-84-349, Fax: + 48 81 52-52-046, m.milosz@pollub.pl

² Politechnika Lubelska, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38. Tel: + 48 81 53-84-561, Fax: + 48 81 52-52-456, e.milosz@pollub.pl

Opóźnienia, odpowiedzialne za zakłócenia, powstają w obu podsystemach: informacyjnym (obróbka informacji, podjęcie decyzji i przesłanie informacji do ogniwa poprzedzającego) i materiałowym (procesy logistyki transportu i produkcja). Proces podejmowania decyzji w podsystemie informacyjno-decyzyjnych łańcucha logistycznego jest realizowany według różnych strategii i algorytmów sterowania poziomami zamówień, produkcji czy zapasów. Decyzje te zwykle optymalizują działanie jednego ogniwa i praktycznie nie mają odniesienia do systemu w całości. Efekt Forrestera jest stosunkowo najlepiej zbadany, zarówno przez praktyków, jak i naukowców [4, 8, 9, 12, 13].

Kluczowe znaczenie mają w nim strategie uzupełnienia zapasów (i planowania wielkości produkcji) ukierunkowane zwykle na utrzymanie bezpiecznego zapasu w ogniwach. Strategie te mogą być różne i są dość dobrze zbadane [9]. Model przykładowego łańcucha logistycznego, składającego się z 3. ogniw, przedstawiony został na rysunku 1. Model został opracowany z użyciem metody i notacji Dynamiki Systemowej i symulowany przy pomocy programu Vensim PLE v. 5.11, zaprezentowanego w [7]. Wspomniane strategie uzupełniania zapasów i planowania produkcji kryją się w sposobie wyznaczania wielkości zamówień (Zamówienia_SH i Zamówienia_HP na rysunku 1) oraz produkcji (Produkcja – rysunek 1). Pomiedzy pozyskaniem informacji o popycie i stanie magazynowym a realizacją dostawy zwykle jest opóźnienie czasowe (na rysunku 1 opóźnienia oznaczone są dwoma kreskami na strzałce zależności przyczynowo-skutkowej pomiędzy zmiennymi modelu).

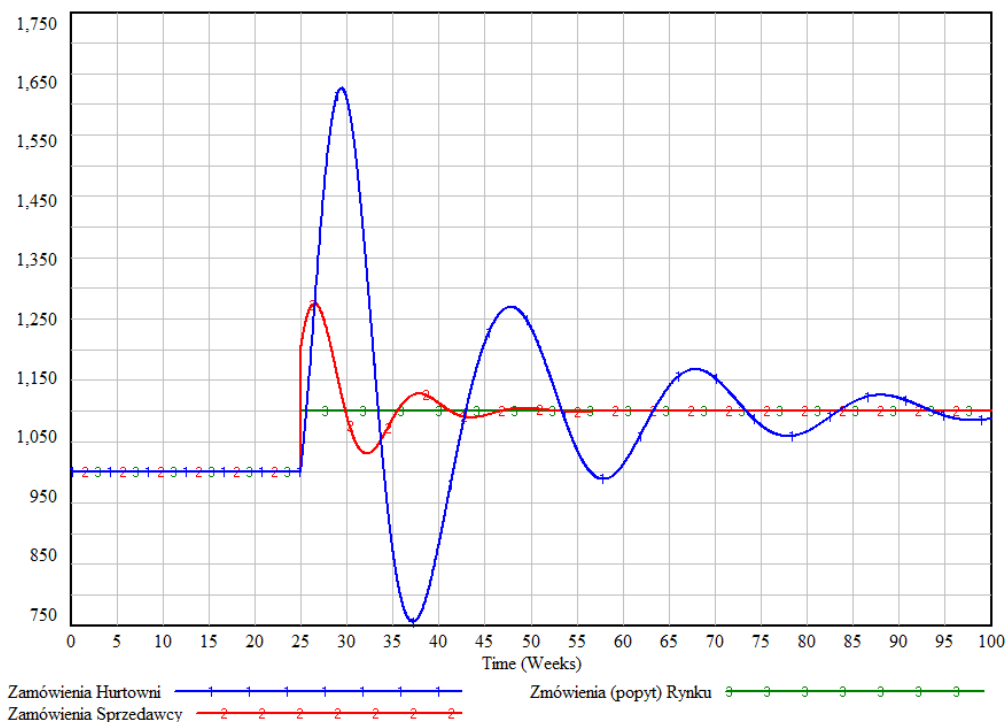


Rys. 1. Model symulacyjny trzy-ogniowego łańcucha logistycznego (źródło: opracowanie własne)

Łańcuch, model którego przedstawia rysunek 1, dość łatwo jest zdestabilizować. Rezultaty badań zmian zachodzące w całkowicie stabilnym łańcuchu (początkowy odcinek czasowy – bez zmian) wskutek 10% wzrostu popytu w 25 tygodniu przedstawia rysunek 2. Ta niewielka fluktuacja wywołała oscylację wielkości zamówień kierowanych do Hurtowni i Producenta. Amplituda wahań narasta w miarę oddalania się od ich źródła. I tak, dla wielkość zamówień Sprzedawcy kierowanych do Hurtowni przekraczała poziom stabilny o 18%, a od Hurtowni do Producenta – aż o 53%. Tak zaburzony łańcuch stabilizuje się dość długo (rysunek 2).

Czynniki destabilizacyjne to nie tylko popyt i jego losowe zmiany, to również zaburzenia w przepływie towarów, drobne lub większe błędy w zamówieniach lub określaniu poziomu magazynów. Uwzględniając powyższe można stwierdzić, że efekt Forrestera jest w zasadzie nieuchronny i można tylko łagodzić jego skalę [9].

Efekt Forrestera można łagodzić stosując odpowiednie strategie kształtowania zamówień [9], zmniejszenie opóźnień w łańcuchu przez stosowanie elektronicznych kanałów wymiany danych [1, 10], zmianę struktury procesów decyzyjnych (np. implementacja zarządzania dostawami przez dostawcę – ang. *Vendor Managed Inventory*, VMI [3] czy też realizację idei operatora logistycznego [11]), stosowanie techniki JIT (ang. *Just-in-Time*) czy też wykorzystanie zaawansowanych informatycznych systemów zarządzania łańcuchem [2, 6].



Rys. 2. Rezultaty symulacji trzy-ogniowego łańcucha logistycznego (źródło: opracowanie własne)

2. EFEKT BURBIDGE'A

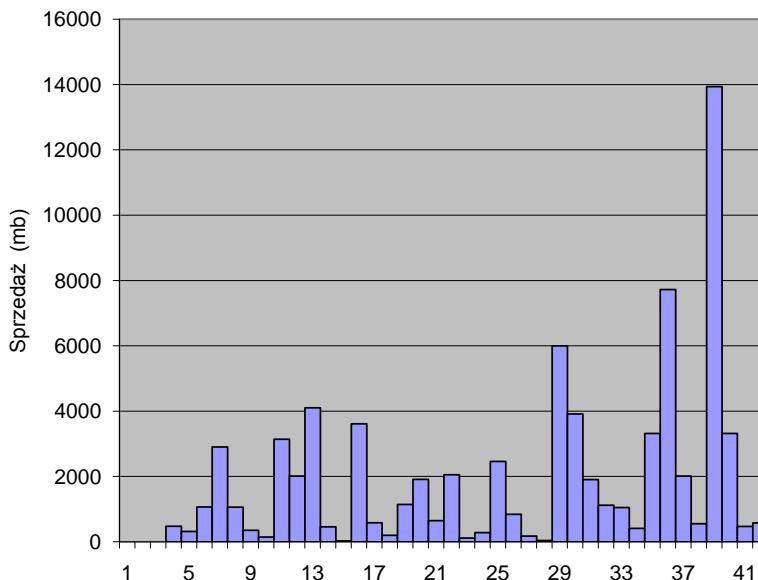
Efekt Burbidge'a, zwany niekiedy też efektem Forridge'a [13] lub efektem grupowania (ang. *Batching*), jest związany z wykorzystaniem klasycznego instrumentu planistycznego, jakim jest partia ekonomiczna czy też okresowość zamawiania. Instrument ten ma na celu wykorzystanie efektu skali w produkcji czy transporcie. Wynika on także z naturalnych okresów planistycznych stosowanych w gospodarce. W poszczególnych ogniwach łańcucha logistycznego centra decyzyjne grupują zamówienia (lub zlecenia produkcyjne) i wsadowo (tj. okresowo) je przetwarzają (np. przesyłają lub uruchamiają proces produkcyjny). Działania takie są jak najbardziej racjonalne z punktu widzenia pojedynczego ogniwa. Ich synchronizacja w czasie powoduje jednak w łańcuchu logistycznym gwałtowne okresowe narastanie wielkości zamówień z następującym po nim równie gwałtownym spadkiem.

Zarówno okresy wzrostów i spadków, jak i ich poziomy są trudne do przewidzenia – noszą losowy charakter. Zależą one od wielu czynników, takich jak struktura systemu logistycznego, typy przedsiębiorstw w każdym z ogniw łańcucha, ich wielkości oraz algorytmów naliczania partii ekonomicznej, a także ich parametrów. Efekt ten z racji masowego wykorzystywania pojęcia partii ekonomicznej oraz identycznych lub bardzo podobnych algorytmów planowania w systemach informatycznych zarządzania jest niekiedy bardzo groźny. Naturalna synchronizacja w czasie systemów planistycznych (plany: roczne, kwartalne i miesięczne) wielu przedsiębiorstw tworzących dane ogniwo w łańcuchu oraz podobieństwo algorytmów naliczających parametry zamówień może doprowadzić do synchronizacji w czasie zamówień kierowanych do dostawców. Ogniwo, do którego kierowane są zamówienia, otrzymuje zatem zagregowany popyt tylko w niektóre momenty czasu. Ponadto wielkość tego popytu ma niestabilny, trudny do przewidzenia charakter, wynikający z różnych okresów planistycznych i może doprowadzić do losowego w czasie przekraczania założonych wielkości partii produkcyjnej.

Efekt ten ilustruje rysunek 3. Przedstawia on rzeczywistą sprzedaż w hurtowni materiałów elektrotechnicznych jednego towaru dzień po dniu. Przy średniej dziennej sprzedaży na poziomie 1860 mb. na początku lutego pojawiła się sprzedaż w wysokości blisko 14 tys. mb., tj. w wysokości 750% średniej. Jeszcze gorzej przedstawia się analiza tygodniowej sprzedaży. Największa wartość tego wskaźnika w rozpatrywanym okresie wyniosła ponad 31 tys. mb. W przypadku, gdy czas

wyprzedzenia składania zamówień w fabryce kabli wynosi 1 tydzień, hurtownia powinna utrzymywać taki, bardzo duży zapas.

Ograniczenie efektu Burbidge'a sprowadza się do odpowiednio wcześniejszego informowania o zamierzonych zamówieniach oraz desynchronizacji systemów planowania poprzez wprowadzenie technologii zamawiania elektronicznego na żądanie (ang. *Computer Assisted Ordering*, CAO) [1].



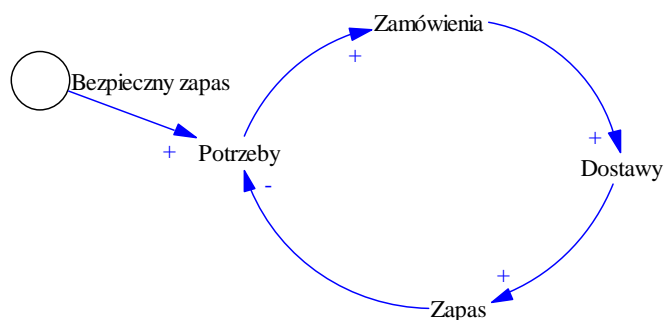
Rys. 3. Sprzedaż kabla ASXS 4X25 w hurtowni materiałów elektrotechnicznych (źródło: badania własne)

3. EFEKT HOULIHANA

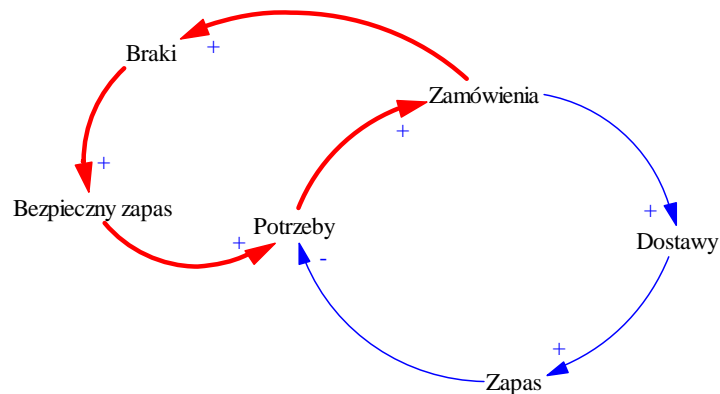
Klasycznie decydenci poprzez związanie wielkości zamówień z wielkością zapasu, realnym lub prognozowanym popytem lub poziomem bezpiecznego zapasu działają stabilizująco na system. Powstaje bowiem ujemna pętla przyczynowo-skutkowa, która ma właściwości stabilizacji (rysunek 4).

Efekt Houlihana [5], zwany niekiedy efektem braków (ang. *Shortage Gaming*) [13], opisuje zachowanie się decydentów w ogniwach łańcucha logistycznego w sytuacji, gdy dotkną ich chwilowe braki lub opóźnienia w dostawach niezależnie od ich przyczyn. Naturalną tendencją, wynikającą z lokalnej racjonalności działań i ludzkiej psychologii, jest wówczas żądanie przyspieszenia dostaw w celu uzupełnienia zapasów i zwiększanie zamówień ponad aktualne potrzeby (tj. zwiększenie poziomu zapasu bezpiecznego). To z kolei wywołuje narastanie zjawisk (opóźnienia w dostawach, braki w dostawach), które spowodowały te zachowania. Powstaje typowe dodatnie sprzężenie zwrotne doprowadzające do zwiększenia zaburzeń. Rysunek 5 przedstawia model zachowania się decydentów w przypadku braków w dostawach.

Po pewnym czasie w poszczególnych ogniwach łańcucha powstają zwiększone zapasy. Doprowadza to do zmniejszenia zamówień, co pogłębia efekt destabilizacji łańcucha logistycznego poprzez chwilowe zmniejszenie lub zanik przepływów materiałowych.



Rys. 4. Ujemna pętla przyczynowo-skutkowa stabilizująca zapas na bezpiecznym poziomie (źródło: opracowanie własne)

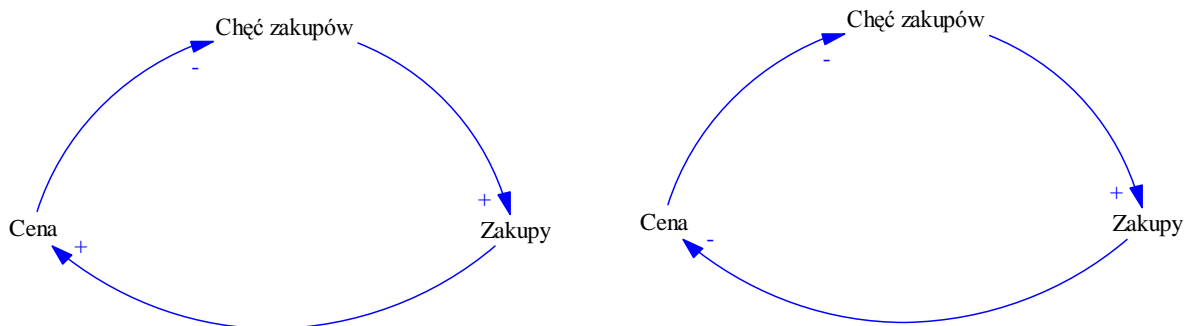


Rys. 5. Dodatkowa dodatnia pętla przyczynowo-skutkowa destabilizująca łańcuch logistyczny w przypadku braków w dostawach (źródło: opracowanie własne)

Najlepszym sposobem zmniejszania efektu Houlihana jest informowanie się wzajemnie współpracujących stron oraz wprowadzanie kar za zwroty lub anulowanie kontraktów [1].

4. EFEKT PROMOCJI

Efekt promocji powstaje w wyniku praktykowania zwiększania zapotrzebowania na produkt poprzez zmniejszenie jego ceny lub też inne działania promocyjne i marketingowe. Takie działania dostawcy powodują zamierzony efekt psychologiczny rozbudzenia popytu i w konsekwencji jego wzrost – rysunek 6. W wyniku tego wzrostu następuje realizacja zakupów na zapas bądź też w opcji z opóźnioną dostawą. W konsekwencji stany magazynowe silnie wzrastają, co z kolei powoduje zmniejszanie poziomu zamówień (niekiedy bardzo gwałtowne), jego załamanie się i konieczność dalszych promocji by podtrzymać spadający popyt. W konsekwencji pogłębia się destabilizacja łańcucha logistycznego.

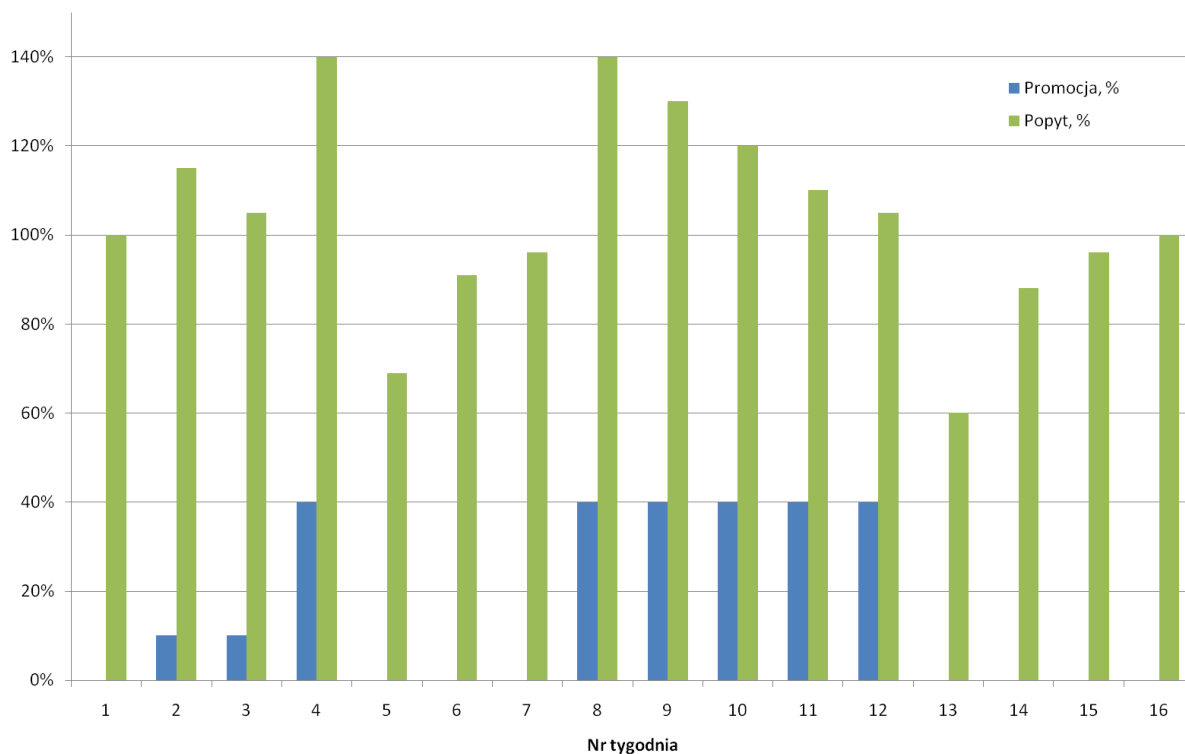


Rys. 6. Ujemna pętla przyczynowo-skutkowa stabilizująca poziom zakupów i jej zmiana na dodatnią w wyniku promocji (źródło: opracowanie własne)

Bardziej niekorzystne zjawisko w łańcuchu logistycznym powstaje po zakończeniu promocji. Następuje wówczas spadek zamówień. Głębokość spadku i czas jego trwania (rysunek 7) zależą od wielkości i czasu trwania promocji oraz od elastyczności popytu.

Efekt promocji jest tym silniejszy im bardziej elastyczny jest popyt. Dotyczy to więc znacznej części produktów.

Jedynym sposobem usunięcia efektu promocji jest niestosowanie promocji, czyli stabilizacja cen. Takie podejście jest oczywiście często przypadkach niemożliwe do zastosowania, bowiem o promocjach nie decydują logistycy.



Rys. 7. Symulacja konsekwencji efektu promocji (źródło: opracowanie własne)

WNIOSKI

Zmienność parametrów procesów w łańcuchach logistycznych powoduje znaczne straty finansowe, zwiększa zaangażowanie kapitału i innych zasobów oraz przyczynia się do zmniejszenia niezawodności dostaw. Destabilizacja łańcucha wynika z całego szeregu efektów, na które bardzo często decydenci nie mają większego wpływu. Niektóre negatywne tendencje można zminimalizować przez odpowiednie działania (odpowiednia organizacja kanałów przesyłania informacji, odpowiednie algorytmy podejmowania decyzji, niewpadanie w panikę przy problemach z dostawami, ostrożne stosowanie promocji). Działania takie wymagają odpowiedniego opracowania i stosowania odpowiednich procedur i polityk podejmowania decyzji logistycznych.

Streszczenie

W artykule rozpatrzone zostały cztery najważniejsze efekty, które w praktyce często doprowadzają do powstania negatywnych zjawisk destabilizacji w łańcuchu logistycznym. Są to efekty: Forrestera, Burbidge'a, Houlihana i promocji.

Efekt Forrestera polega na przenoszeniu się i wzmacnianiu zaburzeń wielkości zamówień, a w konsekwencji wszystkich innych parametrów poszczególnych ogniw (tj. odbiorców i dostawców) łańcucha. Efekt Burbidge'a wynika z negatywnego wpływu na parametry zamówień typowego narzędzia logistyki, jakim jest grupowanie zamówień i ich okresowe składanie. Praktyki takie prowadzą do destabilizacji łańcucha. Efekt Houlihana polega na wzmacnianiu zaburzeń przez zachowania się decydentów, którzy w przypadku niewielkich nawet braków w dostawach składają zwiększone zamówienia, by, po otrzymaniu towarów, znacząco je zmniejszyć. Analogicznym zjawiskiem jest efekt promocji, tj. sztucznie wywoływany wzrost zamówień na wskutek manipulacji cenowej i marketingowej.

Zdefiniowano warunki i przyczyny powstawania tych efektów oraz ich modele. Na przykładach zobrazowano ich negatywne konsekwencje. Wskazano metody ich unikania bądź łagodzenia.

Negative effects in logistics chains – models and examples

Abstract

Four main effects, which in practice often lead to the formation of negative effects of destabilization in the logistics chain, are presented in this paper. These are: Forrester, Burbidge, Houlihan and promotion effects.

The Forrester effect is to shift up and strengthening disturbance of the orders size and, consequently, all the other parameters of individual elements (i.e. customers and suppliers) in the chain. Burbidge effect results from the negative cause on the orders a typical logistics tool, which is a grouping of orders and their periodic submission. Such practices lead to the chain destabilization. Houlihan effect is to amplification of disturbances by decision-makers behavior, who in the case of even minor gaps in the supply increase orders that, after receiving the goods, significantly reduce its. An analogous phenomenon is the effect of promotion, i.e. artificially caused growth of orders as a result of price and marketing manipulation.

The paper defines the conditions and causes of these effects and presents their models. Their negative consequences were illustrated in examples. Methods of avoiding or mitigation them are pointed.

BIBLIOGRAFIA

1. Alizadeh, P., The role of forecasting parameters in reducing bullwhip effect. *Advances in Production Engineering & Management*, Dec2012, Vol. 7 Issue 4, pp. 177-186.
2. De La Fuente, D.; Lozano, J., Application of distributed intelligence to reduce the bullwhip effect. *International Journal of Production Research*, 4/15/2007, Vol. 45, Issue 8, pp. 1815-1833.
3. Disney, S.M., Towill, D.R., The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains. *International Journal of Production Economics*, Aug2003, Vol. 85 Issue 2, pp. 199-215.
4. Forrester J. W., *Industrial Dynamics*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1961.
5. Houlihan, J.B., International supply chain management. *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol. 17, No. 2, 1987, pp. 51-66.
6. Kristianto, Y., Helo, P., Jiao, J., Sandhu, M., Adaptive fuzzy vendor managed inventory control for mitigating the Bullwhip effect in supply chains. *European Journal of Operational Research*, Jan2012, Vol. 216 Issue 2, pp. 346-355.
7. Krupa K.: Modelowanie, symulacja i prognozowanie. *Systemy ciągłe*. Warszawa, WNT, 2008, 155 str.
8. Lee H.L., Padmanabhan P., Whang S., Information distortion in a supply chain: the Bullwhip Effect. *Management Science*, vol. 43, 1997, pp. 543-558.
9. Mesjasz-Lech A., Efekt byczego bicza a zarządzanie zapasami w łańcuchu dostaw. *Logistyka*, 5/2012, str. 134-141.
10. Miłosz M., Dynamika systemów logistycznych. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, Warszawa, nr 2, 2002, str. 37-41.
11. Nowakowska-Grunt J., Operatorzy logistyczni a efekt byczego bicza w łańcuchu dostaw. *Logistyka*, 4/2010, str. 113-118.
12. Panda T.K., Mohanty P.K., Supply Chain Management and Bull Whip Effect: A Conceptual Framework for Efficiency Improvement in Supply Chain. *IUP Journal of Supply Chain Management*, Dec2011, Vol. 8 Issue 4, pp. 16-29.
13. Shukla V., Naim M.M., Yaseen E.A., 'Bullwhip' and 'backlash' in supply pipelines. *International Journal of Production Research*, Dec2009, Vol. 47 Issue 23, pp. 6477-6497.
14. Sterman J. D., *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. USA: Irwin/ McGraw-Hill, 2000.