

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 382

Strategie i logistyka w warunkach kryzysu

Redaktorzy naukowi
Jarosław Witkowski
Agnieszka Skowrońska



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2015

Redaktor Wydawnictwa: Joanna Świrska-Korłub

Redakcja techniczna: Barbara Łopusiewicz

Korekta: Barbara Cibis

Łamanie: Adam Dębski

Projekt okładki: Beata Dębska

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania
znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa
www.pracnaukowe.ue.wroc.pl
www.wydawnictwo.ue.wroc.p

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska
(CC BY-NC-ND 3.0 PL)



© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2015

ISSN 1899-3192
e-ISSN 2392-0041

ISBN 978-83-7695-483-7

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Zamówienia na opublikowane prace należy składać na adres:
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
tel./fax 71 36 80 602; e-mail:econbook@ue.wroc.pl
www.ksiegarnia.ue.wroc.pl

Druk i oprawa: EXPOL

Spis treści

Wstęp.....	11
------------	----

Część 1. Realizacja strategii logistycznych przedsiębiorstw i łańcuchów dostaw pod presją turbulentnego otoczenia

Mirosław Chaberek, Anna Trzuskawska-Grzezińska: Logistyczne aspekty obrotu handlowego w sytuacjach kryzysowych gospodarki globalnej..	15
Katarzyna Cheba: Perspektywy rozwoju współczesnej gospodarki światowej – analiza porównawcza gospodarki Polski i Japonii	29
Mariusz Jedliński: Logistyczna optyka w biznesie – panaceum pewności wobec ekonomii niepewności?	41
Andrzej Jezierski: Konkurowanie logistyką w warunkach kryzysu w świetle teorii organizacji branży.....	53
Sylvia Konecka: Determinanty ryzyka zakłóceń w łańcuchu dostaw	66
Włodzimierz Kramarz, Marzena Kramarz: Determinanty sieciowości łańcucha dostaw.....	80
Krzysztof Rutkowski: Rekonfiguracja międzynarodowych łańcuchów dostaw jako narzędzie zapobiegania zagrożeniom kryzysowym – szansa dla Polski.....	92
Izabella Szudrowicz: Rola kart okresowej oceny dostawców w budowaniu relacji na rynku B2B – analiza porównawcza zmian w czasie na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego	105
Maciej Urbaniak: Rola wstępnej oceny dostawców w budowaniu relacji pomiędzy przedsiębiorstwami na rynku B2B.....	117
Robert Walasek: Partnerstwo logistyczne w zarządzaniu relacjami z klientem	126
Grażyna Wieteska: Skuteczne reagowanie na zakłócenia – elastyczny łańcuch dostaw	143
Jarosław Witkowski: Logistyka w warunkach kryzysu ekonomicznego i w innych sytuacjach kryzysowych.....	154

Część 2. Stan i tendencje rozwoju usług transportu, spedycji i logistyki w warunkach spowolnienia gospodarczego

Andrzej S. Grzelakowski: Strategie logistyczne morskich globalnych operatorów kontenerowych w warunkach światowego kryzysu na rynkach towarowych i frachtowych.....	169
--	-----

Paweł Hanczar: Modele decyzyjne w planowaniu cyrkulacji lokomotywy w kolejowym transporcie towarowym	183
Magdalena Klopott: Tendencje na rynku morskich przewozów ładunków chłodzonych i ich wpływ na chłodnicze łańcuchy dostaw.....	195
Izabela Kotowska: Przeobrażenia w funkcjonowaniu żeglugi kontenerowej w obliczu spowolnienia gospodarczego	205
Marta Mańkowska: Stan i perspektywy rozwoju rynku międzynarodowych przewozów pasażerskich w relacjach z Polską w warunkach spowolnienia gospodarczego	221
Agnieszka Perzyńska: Transport lądowy i wodny w dobie kryzysu	238
Ilona Urbanyi-Popiołek: Zarządzanie gestią transportową – dobre praktyki	249

Część 3. Rola nowoczesnych metod zarządzania logistycznego w procesie redukcji kosztów i poprawy jakości obsługi klientów

Lech A. Bukowski, Jerzy Feliks: Ocena wartości użytkowej informacji logistycznych w warunkach niepewności oraz turbulentnych zmian otoczenia.....	265
Przemysław Dulewicz: CSR w przedsiębiorstwach logistycznych w warunkach spowolnienia gospodarczego	280
Piotr Hanus, Krzysztof Zowada: Narzędzia IT w logistycznych procesach decyzyjnych małych i średnich przedsiębiorstw	290
Katarzyna Huk: Programy zarządzania talentami a strategię przedsiębiorstwa w dobie kryzysu	305
Agnieszka Jagoda: Elastyczność funkcjonalna jako czynnik przewagi konkurencyjnej małych i średnich przedsiębiorstw	316
Michał Jakubiak: Wpływ metod składowania produktów na poprawę efektywności węzłów logistycznych	324
Iga Kott: Wykorzystanie systemów informatycznych w procesach obsługi klienta w centrach logistycznych w Polsce	338
Aleksandra Laskowska-Rutkowska: Blaski i cienie offshoringu	350
Rafał Matwiejczuk: Logistyczne potencjały sukcesu w tworzeniu przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa	363
Sebastian Saniuk, Katarzyna Cheba, Katarzyna Szopik-Depczyńska: Aspekty planowania sieci produkcyjnych małych i średnich przedsiębiorstw funkcjonujących w klastrach.....	376
Ewa Staniewska: Czynnik ludzki w zarządzaniu bezpieczeństwem informacyjnym badanych przedsiębiorstw.....	389
Katarzyna Szopik-Depczyńska, Arkadiusz Świadek: Odbiorcy a aktywność innowacyjna w przemyśle spożywczym w Polsce	401

Natalia Szozda: Kontrola w procesie zarządzania popytem na produkty w łańcuchach dostaw	410
Sabina Wyrwich: Koncepcja społecznej odpowiedzialności łańcucha dostaw w warunkach natężenia konkurencji na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego	429

Summaries

Part 1. Implementation of logistic strategies of enterprises and supply chains under the pressure of turbulent environment

Mirosław Chaberek, Anna Trzuskawska-Grzezińska: Logistic aspects of trade flows in the crisis situations of the global economy	28
Katarzyna Cheba: The perspectives of development of modern world industry – the comparative analysis of Poland and Japan industries	40
Mariusz Jedliński: Business from the point of view of logistics – panacea of certainty vs. economics of uncertainty?	52
Andrzej Jeziński: Competing by means of logistics in crisis conditions in the light of the theory of industry organization.....	65
Sylwia Konecka: Determinants of the supply chain disruption risk.....	79
Włodzimierz Kramarz, Marzena Kramarz: Determinants of supply chain networking	91
Krzysztof Rutkowski: International supply chains restructuring as a key tool of risk avoiding – a chance for Poland.....	104
Izabella Szudrowicz: Role of suppliers scorecards in building relationships in the B2B market – comparative analysis of changes in time on the example of a production company.....	116
Maciej Urbaniak: The role of the initial evaluation of suppliers in building relationships between companies in the B2B market.....	125
Robert Walasek: Logistic partnership in the management of relations with client	142
Grażyna Wieteska: Effective response to disturbances – flexible supply chain.....	152
Jarosław Witkowski: Logistics in economic crisis and urgent crisis situations	165

Part 2. The status and trends in the development of transport services, freight forwarding and logistics in the economic downturn

Andrzej S. Grzelakowski: Logistics strategies of global maritime container operators under the turbulent conditions on commodity and freight markets.....	182
Paweł Hanczar: Decision models in locomotive routing problem in rail freight	194
Magdalena Klopott: Trends on refer shipping market and their influence on the cold supply chains.....	204
Izabela Kotowska: Transformations in functioning of container shipping in the face of economic slowdown.....	220
Marta Mańkowska: State and perspectives of development of the international passenger transport market in relations with Poland in the economic downturn conditions.....	237
Agnieszka Perzyńska: Land and water transport in times of crisis	248
Ilona Urbanyi-Popiołek: Management of carriage – good practices	262

Part 3. The role of modern logistics management methods in the process of reducing costs and improving the quality of customer service

Lech A. Bukowski, Jerzy Feliks: Evaluation of use value of logistics information under uncertainty and turbulent environment changes.....	279
Przemysław Dulewicz: CSR in logistics companies under economic slowdown	289
Piotr Hanus, Krzysztof Zowada: IT tools in logistics decision-making processes of small and medium-sized enterprises.....	304
Katarzyna Huk: Talent management programmes and strategies of enterprises in times of crisis	315
Agnieszka Jagoda: Functional flexibility as a factor of competitive advantage of small and medium sized enterprises	323
Michał Jakubiak: The influence of the storage policies on the improvement of the logistic hubs effectiveness	336
Iga Kott: The use of IT systems in the processes of customer service in logistics centers in Poland	349
Aleksandra Laskowska-Rutkowska: Good and bad sides of offshoring	362
Rafał Matwiejczuk: Logistics potentials of success influencing business competitive advantage creation	375

Sebastian Saniuk, Katarzyna Cheba, Katarzyna Szopik-Depczyńska: Network production planning aspects of small and medium enterprises operating in clusters.....	387
Ewa Staniewska: Human factor in information security management of the surveyed companies.....	400
Katarzyna Szopik-Depczyńska, Arkadiusz Świadek: Customers' impact on innovation activity in food industry in Poland.....	409
Natalia Szozda: Control in the demand management process in supply chain.....	428
Sabina Wyrwich: The concept of social responsibility in the supply chain under conditions of intensified competition on the example of production company.....	445

Michał Jakubiak

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: michal.jakubiak@ue.wroc.pl

WPLYW METOD SKŁADOWANIA PRODUKTÓW NA POPRAWĘ EFEKTYWNOŚCI WĘZŁÓW LOGISTYCZNYCH

Streszczenie: Firmy ciągle poszukują nowych koncepcji zarządzania, aby skutecznie konkurować w dynamicznym otoczeniu. Trend ten szczególnie widoczny jest w czasach, kiedy gospodarka odczuwa efekty globalnego kryzysu. Nawet drobne przesunięcia produktów zaczynają być analizowane, bo przy skali wykonywanych operacji wpływa to na wydajność całego przepływu produktów w łańcuchach dostaw. Jednocześnie wraz ze wzrostem chęci poprawy procesów spada zainteresowanie firm dużymi inwestycjami, które mogą poprawić w znaczący sposób funkcjonowanie systemów logistycznych. Wartości zaczynają nabierać metody, które nie wymagają znacznych nakładów finansowych, a wydajnie wpływają na poprawienie funkcjonowania przedsiębiorstw. Jednym z takich przykładów jest proces komisjonowania zamówień. Stanowi on około 55-65% kosztów operacyjnych wykonywanych w węzłach logistycznych. Poprawa efektywności tego procesu przy wykorzystaniu prostych metod składowania produktów prowadzi do dużych oszczędności w czasie realizowanego przepływu. Na podstawie modelu rzeczywistego magazynu operatora logistycznego stworzono program komputerowy, badający m.in. wpływ alokacji towarów w magazynie na ogólny czas realizacji procesu komisjonowania. Za pomocą zastosowanych metod symulacyjnych możliwe jest dobranie właściwej koncepcji komisjonowania do warunków danego przedsiębiorstwa.

Słowa kluczowe: komisjonowanie, zarządzanie magazynem, symulacja, składowanie produktów.

DOI: 10.15611/pn.2015.382.25

1. Wstęp

Szczególnie w czasach kryzysu uwidacznia się potrzeba poszukiwania oszczędności, których efekty pozwolą na obniżkę kosztów przy jednoczesnym utrzymaniu, a nawet wzroście standardu obsługi klienta. Wraz z wydłużaniem się drogi produktu od producenta do klienta końcowego oraz przyspieszeniem przepływów rzeczowych, informacyjnych i finansowych w obrębie łańcucha dostaw ważniejszą rolę zaczynają odgrywać nawet drobne przesunięcia dóbr na krótkie odległości, które zazwyczaj odbywają się w obrębie budynku (zakładu produkcyjnego, węzła logistycznego), oraz między obiektem i pośrednikiem transportowym. Zwiększająca się

rola punktów (węzłów logistycznych), w których następują czynności manipulacyjne na produktach, spowodowała szczególne zainteresowanie praktyków i teoretyków logistyki procesami w nich zachodzącymi, a szczególnie procesem komisjonowania zamówień. W operacjach przygotowania produktów do wysyłki zgodnie z zamówieniem klientów samo określenie „kompletowanie” nie odzwierciedla wagi wykonywanego procesu. Nastąpiła konieczność wprowadzenia terminu, w którym techniczne operacje dopełnione zostaną czynnościami związanymi z przygotowaniem i wydawaniem dokumentów, dyspozycji itp. Proces łączący operacje techniczne (kompletację) z czynnościami administracyjnymi, takimi jak przygotowanie zleceń wydania, powiązanych z przejmowaniem odpowiedzialności prawnej za prawidłowość wykonywanych operacji jest określany mianem komisjonowania. Proces komisjonowania nie jest definiowany w sposób jednorodny. G. Ghiani, J.J. Bartholdi i S.T. Hackman uważają, iż komisjonowanie (*order picking*) stanowi zespół czynności operacyjnych i organizacyjnych. Polega ono na zestawieniu określonych podzbiorów (artykułów) z przygotowanego zbioru całkowitego (asortymentu) na podstawie informacji o zapotrzebowaniu w postaci zlecenia. Następuje przy tym zmiana stanu specyficznego dla składowania materiałów w stan charakterystyczny dla wydania materiałów¹. Komisjonowanie według takich badaczy, jak C. Petersen, R. Aase, D. Heiser, to wyszukiwanie i kompletowanie z miejsc odkładanych węzła logistycznego odpowiednich produktów, widniejących na zamówieniu złożonym przez klienta w sposób adekwatny do jego wymagań².

Komisjonowanie jest najbardziej pracochłonnym procesem, który według różnych badań stanowi od 55%³ do 65%⁴ wszystkich kosztów operacji wykonywanych w węzłach logistycznych. Wyniki tych badań powodują, iż tematyka związana z próbami usprawnienia systemów komisjonowania nabrała szerokiego znaczenia zarówno w pracach naukowych, jak i przede wszystkim w projektach praktycznych, których celem jest zwiększenie efektywności procesu przy jednoczesnym zmniejszeniu zaangażowania kosztowego zasobów.

Rozpatrując proces kompletacji zamówień w węzłach logistycznych, obserwujemy, iż na pracochłonność operacji związanych z realizacją zamówień kluczowy wpływ ma wiele czynników. Jednym z głównych aspektów, który wpływa na czas kompletacji, jest przyjęta w danej organizacji reguła składowania produktów.

Celem niniejszego opracowania jest analiza wpływu reguł przyjętych przy procesie komisjonowania na czas realizacji zamówień w czterech przykładowych i rozważanych przy wdrożeniu strefach kompletacyjnych.

¹ G. Ghiani, 2004, *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, West Sussex.

² C. Petersen, R. Aase, D. Heiser, 2004, *Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage*, "International Journal of Physical Distribution & Logistics Management", Volume 34, Issue 7, s. 534-544.

³ E.H. Frazelle, J.M. Apple, 1994, *Warehouse Operations in The Distribution Management Handbook*, McGraw-Hill, New York.

⁴ J.J. Coyle, E.J. Bardi, C.J. Langley Jr., 2002, *Zarządzanie logistyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

2. Reguły składowania produktów w węzłach logistycznych

Optymalizacja procesów składowaniem związana jest z przepływem produktów przez strefę składowania, która rozpoczyna się wraz z przyjęciem produktu do węzła logistycznego, oraz późniejszym jego wydaniem. Właściwa alokacja ładunków powinna więc uwzględniać przepływ produktów całościowo i badać jego wpływ na całkowity czas wszystkich operacji wykonywanych w danym obiekcie. W związku z różnymi postępowaniami przyjmowanymi przez przedsiębiorstwa, uwzględniającymi indywidualny charakter danego węzła w łańcuchu dostaw, możemy wyróżnić dwie główne reguły składowania produktów. Pierwsza z nich to tzw. składowanie losowe (*random storage assignment*). Charakteryzuje się ono tym, iż podczas przyjęcia produktów osoba odpowiedzialna za dany proces odkłada przyjęty ładunek w dowolne, wolne miejsce przeznaczone do składowania, które w danej chwili jest dostępne. Proces odłożenia odbywa się albo zgodnie z doświadczeniem i przewidywaniem danej osoby, albo też ze względu na wskazanie wykonane przez system zarządzania powierzchnią magazynową (WMS). Reguła składowania losowego jest stosowana w wielu węzłach logistycznych i dzięki swojej prostocie wspomaga głównie proces przyjęcia. Zazwyczaj w metodzie tej stosuje się zasadę wybierania w danym momencie miejsca składowania najbardziej dostępnego (*closest – open – location storage assignment*), czyli lokalizacji najbliższej punktowi wydań i przyjęć. Problemy zaczynają się, gdy pracownik odpowiedzialny za kompletację i wysyłanie towarów musi zebrać i przygotować ładunek. Przy braku odpowiednich systemów klasy WMS (*Warehouse Management System*) oraz dużym asortymencie materiałów następują często komplikacje przy wyszukiwaniu produktów.

W węzłach logistycznych, w których np. procesy wydania i wysyłki odbywają się w zupełnie innych lokalizacjach, może dochodzić do takich sytuacji, iż to, co z perspektywy procesu przyjęcia było efektywne, z punktu widzenia wydania może mieć skutek wręcz odwrotny. Koncepcje składowania losowego oraz *closest – open – location* są wymieniane często w literaturze jako osobne metody składowania⁵, jednakże jak wykazują prace np. Schwarza i in.⁶, w dłuższej perspektywie czasowej dają one podobne rezultaty, co wskazuje, iż w praktyce obie strategie mają podobne przesłanki postępowania.

Druga reguła składowania przyjmuje odwrotne założenie i każdemu z produktów przypisuje stałe miejsce alokacji. Nie dziwi więc nazwa tego procesu – składowanie według stałych miejsc (*dedicated storage assignment*). Różnice, jakie występują przy tej regule, to sposób wyodrębnienia oraz przypisania poszczególnych indeksów materiałowych do stałych lokalizacji. Najczęściej opisywanymi metodami przyporządkowującymi produkty do stałych lokalizacji są *COI – based storage assignment*, *volume – based storage*, *family – grouping* oraz składowanie strefowe

⁵ T. Le-Duc, 2011, *Design and Control of Efficient Order Picking Processes*, Doctoral Thesis, Erasmus Research Institute of Management (ERIM), Rotterdam, s. 11.

⁶ L.B. Schwarz, S.C. Graves, W.H. Hausman, 1978, *Scheduling policies for automatic warehousing systems: Simulation results*, "AIIE Transactions", 10, s. 260-270.

(*zoning storage assignment*), oparte na podobieństwie asortymentowym produktów. Wszystkie wymienione reguły zakładają, że ułożenie produktów ma wspomóc kompletację w taki sposób, aby czas realizacji zamówienia był jak najkrótszy.

Kryterium odległości drogi kompletacyjnej przy wyznaczaniu najbliższych i najdalszych miejsc składowania jest obecnie bardzo często zastępowane tzw. dostępnością danej lokalizacji. Uwzględnia ona wówczas nie tylko dystans, jaki musi przebyć osoba kompletująca zamówienie do danego miejsca składowania, ale przede wszystkim czas, którego potrzebuje na pobranie produktu z wybranej lokalizacji. To, że produkt jest blisko punktu wejścia/wyjścia, wcale nie oznacza, iż jest on w miejscu, z którego zostanie najszybciej pobrany (np. regały wysokiego składowania).

W niniejszej pracy opisana zostanie jedna z najpopularniejszych i najprostszych metod wykorzystujących stałe lokalizacje – *Volume – based storage*. Jej popularność wynika głównie z jasnych i przejrzystych metod jej stosowania i w przeciwieństwie np. do reguły *family-grouping* stosunkowo łatwo identyfikowalnych zasad stosowania. Przyjmuje ona za główne kryterium częstotliwość występowania danej pozycji na liście kompletacyjnej⁷ co upodabnia ją do reguły *COI – based* i uwzględnia objętości danej przestrzeni składowania przeznaczonej na dany produkt.⁸ Reguła *volume – based storage* występuje bardzo często kompatybilnie z politykami składowania polegającymi na grupowaniu produktów w zbiory (*class – based storage*). Dzięki takiemu podejściu łatwiej zarządzać produktami oraz sprawować nad nimi kontrolę. Najczęściej stosowanym podejściem, z punktu widzenia poprawy efektywności procesu komisjonowania, przy podziale produktów na grupy jest współczynnik częstotliwości występowania danego produktu na zleceniach kompletacyjnych. Pozwala on wyodrębnić produkty pobierane najczęściej, czyli z punktu widzenia procesu komisjonowania te, które generują największą pracochłonność operacji. Podejście grupowania produktów w zbiory jest powszechnie stosowane w praktyce, jednakże występują w nim pewne niedogodności. Największa z nich to wyodrębnienie granicy podziału, która dzieli produkty na zbiory, oraz liczba tych zbiorów. Co do liczby zbiorów podziału nie ma jednoznacznego wskazania, ile ich powinno być. Petersen i inni⁹ sugerują, iż powinny występować dwa lub cztery zbiory, natomiast Gademann i Berg¹⁰ uważają, że najlepszym rozwiązaniem jest wyodrębnienie aż sześciu klas podziału¹¹.

Jedną z najpopularniejszych klasyfikacji używanych w regule *volume – based storage* jest metoda ABC. Dzieli ona produkty na trzy zbiory, z których grupa A to te asortymenty, których częstotliwość pobierania jest największa, grupa B charak-

⁷ C.G. Petersen, 1995, *Routeing and storage policy interaction in order picking operations*, "Decision Sciences Institute Proceedings", 3, s. 1614-1616; C.G. Petersen, 1999, *The impact of routing and storage policies on warehouse efficiency*, "International Journal of Operations & Production Management", 19(10), s. 1053-1064.

⁸ T. Le-Duc, wyd. cyt. s. 13.

⁹ C.G. Petersen, G. Aase, D.R. Heiser, wyd. cyt., s. 534-544

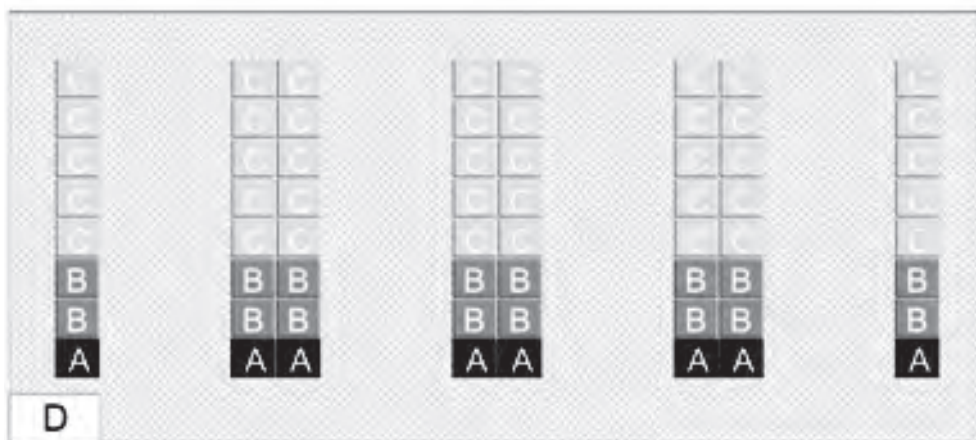
¹⁰ A.J.R.N. Gademann, J.P. Van den Berg, H.H. Van der Hoff, 2001, *An order batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse*, "IIE Transactions", 33, s. 385-398.

¹¹ T. Le-Duc, wyd. cyt., s. 13

teryzuje się mniejszą częstotliwością pobrań, grupa C to produkty angażujące w najmniejszym stopniu pracownika w procesie kompletacyjnym. Produkty znajdujące się w grupie A, mimo że ich częstotliwość pobierania jest największa, stanowią najmniejszą część zapasów pod względem ilościowym.

Reguła *volume – based storage*, korzystając z podziału produktów na grupy, najczęściej przedstawiana jest w postaci czterech metod. Tym, co różni te metody, jest podejście związane z określeniem, które miejsce w węzle logistycznym jest najbardziej dostępne. W miejscach uważanych za najbardziej dostępne powinny być składowane asortymenty, których częstotliwość pobrań jest największa. Kierując się klasyfikacją ABC, należy wskazać, że są to więc produkty z klasy A.

Pierwsza metoda zaliczana do reguły składowania *volume – based storage* określana jest z języka angielskiego jako *across – aisle storage*. Jej podstawowe założenia przedstawia rys. 1. Pamiętać należy jednak, że konfiguracja strefy kompletacji jest różna i jest to tylko szkic pewnej idei. W regule *across – aisle storage* zakłada się, że produkty najczęściej pobierane powinny być lokowane w miejscach najbliższej korytarza głównego. Algorytm postępowania rozmieszcza produkty, np. przy wykorzystaniu klasyfikacji ABC, ustawiając klasę A najbliżej korytarza głównego, a pozostałe grupy – B i C – w dalszych, znajdujących się w głębi korytarzy bocznych miejscach węzła logistycznego.

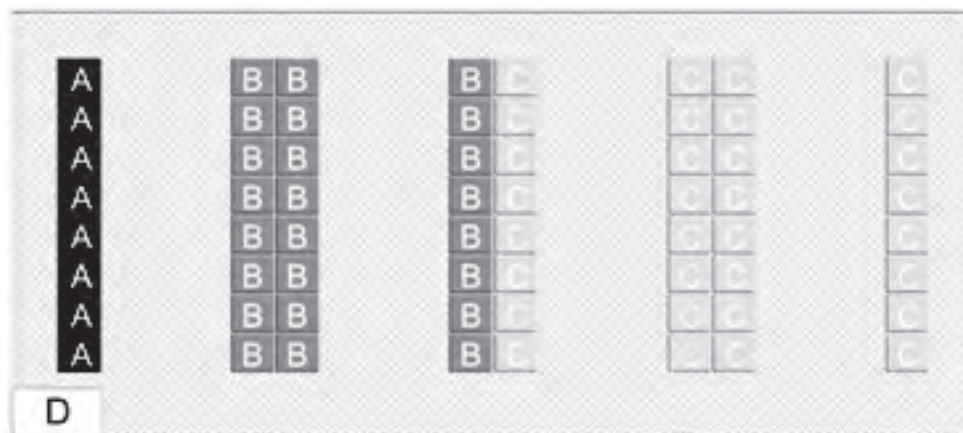


Rys. 1. Reguła *across – aisle storage*

Źródło: opracowanie własne na podstawie R. de Koster, T. Le-Duc, K. Roodberger, 2007, *Design and control of warehouse order picking: A literature review*, “European Journal of Operational Research”, 182, s. 481-501.

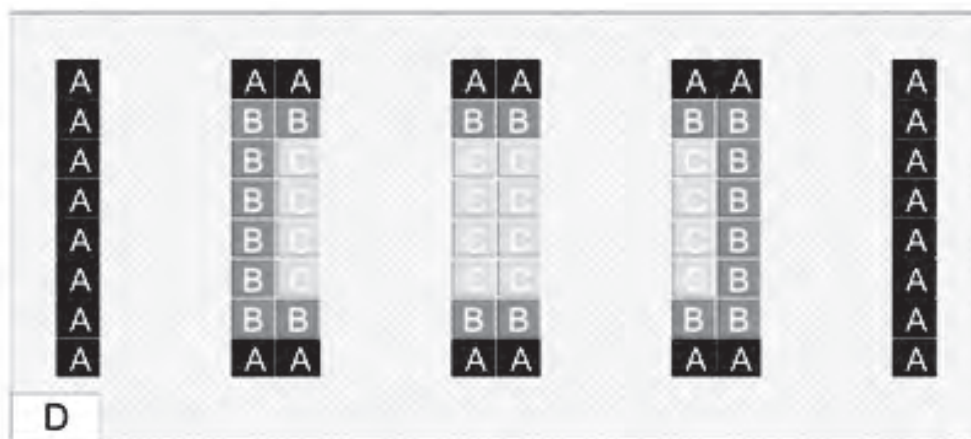
Reguła ta zakłada, iż poruszanie się po korytarzach między regałami jest mniej efektywne od przemieszczania się głównymi korytarzami węzła logistycznego. W praktyce wózki widłowe często w głównych korytarzach osiągają większe prędkości oraz wykonują mniej spowalniających cały proces czynności – np. skrętów.

Drugą regułą *volume-based storage* jest *within-aisle storage*. Ideę jej zastosowania przedstawia rys. 2. Zakłada ona, iż produkty z klasy najbardziej pracochłonnej w procesie kompletacji powinny być składowane w miejscach położonych najbliżej punktu wyjścia/wejścia węzła logistycznego, oznaczonego na rys. 2 symbolem D. W założeniu reguła *within-aisle storage* minimalizuje, bez skomplikowanych obliczeń, drogę, jaką pokonuje osoba przy kompletacji zamówień.



Rys. 2. Reguła *within-aisle storage*

Źródło: opracowanie własne na podstawie R. de Koster, T. Le-Duc, K. Roodberger, 2007, *Design and control of warehouse order picking: A literature review*, “European Journal of Operational Research”, 182, s. 481-501.

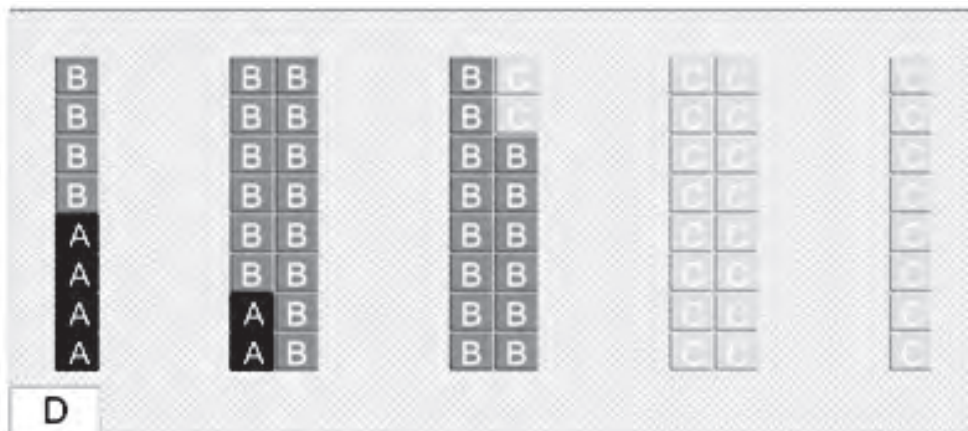


Rys. 3. Reguła *perimeter storage*

Źródło: opracowanie własne na podstawie R. de Koster, T. Le-Duc, K. Roodberger, 2007, *Design and control of warehouse order picking: A literature review*, “European Journal of Operational Research”, 182, s. 481-501.

W trzeciej regule składowania – *perimeter storage* (rys. 3), lokalizacja produktów jest dokonywana zgodnie z zasadą poruszania się do wnętrza przestrzeni składowania (gdy strefa kompletacji/składowania w węzle logistycznym zapewnia dostęp do każdego miejsca składowania produktu (z każdej strony węzła)). W regule tej w pierwszym kroku dokonuje się umiejscowienia produktów najczęściej pobieranych na regałach usytuowanych na zewnętrznych częściach strefy. W następnych etapach postępowania zapełnia się miejsca strefy kompletacji/składowania znajdujące się w wewnętrznych częściach przestrzeni węzła logistycznego.

Reguła czwarta *volume - based storage – Diagonal storage*, różni się istotnie od poprzednich. Powstała jako idea wyznaczania miejsc składowania według koncepcji: najbliższe odległościowo miejsce od strefy wydań/przyjęć powinno być przeznaczone dla produktów najczęściej pobieranych. W strefach składowania/kompletacji składających się z urządzeń, na których możliwe jest przechowywanie produktów na dużych wysokościach, kryterium odległości powinno się zastąpić parametrem dostępności. Uwzględniałoby to zarówno odległość, jak i wysokość danego miejsca składowania produktu. Dla każdej lokalizacji przeznaczonej do składowania produktów powinno się dokonać obliczeń sumy czasów, jakie byłyby potrzebne do dokonania pobrania oraz przemieszczenia się podmiotu kompletującego z lokalizacji składowania produktu do miejsca wyjścia ze strefy kompletacji/składowania. Tak uzyskane wyniki tworzą macierz trójwymiarową, gdyż odnoszą się do lokalizacji wskazującej numer regału, numer gniazda i miejsce na półce.



Rys. 4. Reguła *diagonal storage*

Źródło: opracowanie własne na podstawie R. de Koster, T. Le-Duc, K. Roodberger, 2007, *Design and control of warehouse order picking: A literature review*, “European Journal of Operational Research”, 182, s. 481-501.

Rozmieszczanie produktów najczęściej pobieranych następuje w kolejności od lokalizacji najbardziej dostępnych (o najkrótszym czasie pobrania i przemieszczenia) do punktów o dostępności najgorszej. Rozmieszczenia produktów w węzłach logistycznych o strefach kompletacji/składowania wysokich dokonuje się, tworząc kształt tzw. piramidy, widocznej na rys. 4.

3. Opis problemu badawczego

Analizie podano rzeczywiste cztery strefy kompletacji, których wprowadzenie rozważa jeden z operatorów logistycznych. Niezbędne założenia przyjęto na podstawie analizy literatury oraz obserwacji i doświadczeń praktycznych autora.

W eksperymencie rozpatrywanych jest pięć różnych reguły składowania produktów: składowanie losowego oraz metody wykorzystujące klasyfikację ABC przy podziale produktów według częstotliwości pobrań: *volume – based storage* (*within –aisle storage*, *across – aisle storage*, *perimeter storage* oraz *diagonal storage*). Podział procentowy i liczbowy produktów w poszczególnych klasach ABC przedstawia tab. 1.

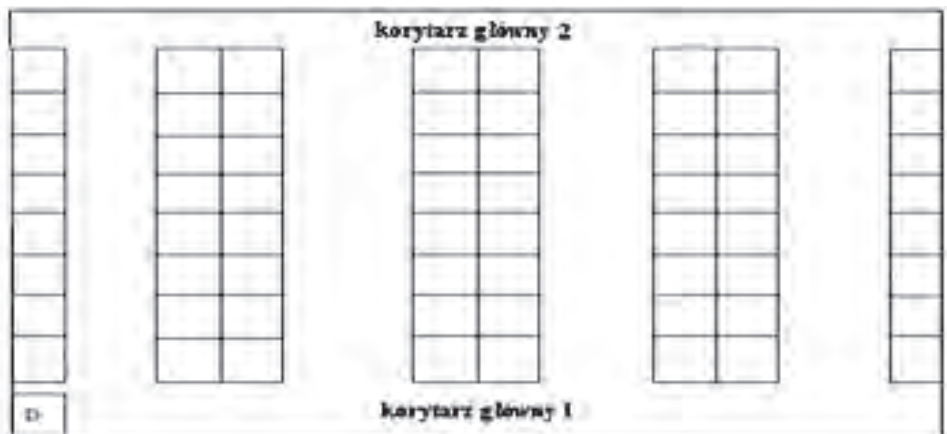
Tabela 1. Podział produktów w klasyfikacji ABC przyjęty na potrzeby badań

Grupa	Liczba europalet	Częstotliwość pobrań w %
A	240	80
B	360	15
C	600	5

Źródło: opracowanie własne.

Liczba produktów w zamówieniu się waha i stanowi wielokrotności piątki. Lista kompletacyjna najmniejsza składa się z pięciu pozycji, a największa z pozycji 40 (jest to założenie ułatwiające obliczenia, a uwzględniające jednocześnie duży zakres pozycji kompletacyjnych).

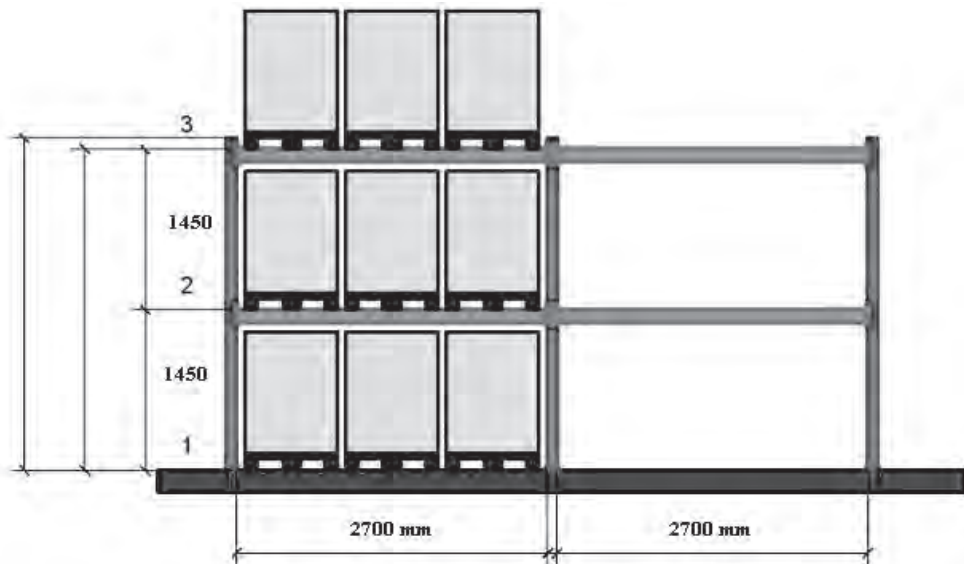
W badaniu rozpatrywane są cztery konfiguracje strefy kompletacyjnej. Wszystkie one zbudowane są według podobnego schematu, bardzo charakterystycznego dla wielu węzłów logistycznych (rys. 5). Wybór takich konfiguracji wynika również z tego, iż możliwe, korzystając z algorytmu Rattlifa i Rosenthala, wyznaczanie ich optymalnej trasy.



Rys. 5. Układ strefy kompletacji rozpatrywanej w badaniach

Źródło: opracowanie własne.

Konfiguracja 1 i 3 strefy kompletacyjnej składa się z miejsc do składowania produktów, zwanych rzędami, w których ładunki przechowywane są na paletach bez udziału regałów. Układy drugi i czwarty wykorzystują regały rzędowe-paletowe, zbudowane z modułów zwanych potocznie gniazdami (rys. 6). Każde miejsce paletowe traktowane jest jako pojedyncza lokalizacja w strefie kompletacji.



Rys. 6. Układ regału europaletowego

Źródło: opracowanie własne.

Niezależnie od tego, czy produkty składowane są przy udziale regałów, czy bezpośrednio na podłodze, palety ułożone są rzędowo, jedna obok drugiej, stykając się dłuższymi bokami. Szczegółowy opis wykorzystywanych konfiguracji stref kompletacji zawarty jest w tab. 2.

Tabela 2. Dane wejściowe konfiguracji pierwszej strefy kompletacji

Parametry strefy kompletacji	Konfiguracja 1	Konfiguracja 2	Konfiguracja 3	Konfiguracja 4
Liczba europalet	1200	1200	1200	1200
Liczba rzędów	12	12	24	10
Liczba poziomów składowania w rzędzie	1	2	1	3
Liczba palet na każdym poziomie w rzędzie	100	50	50	40
Liczba korytarzy bocznych	6	6	12	5
Liczba korytarzy głównych	2	2	2	2

Źródło: opracowanie własne.

Szerokość korytarzy bocznych oddzielających rzędy palet dla wszystkich konfiguracji strefy kompletacji są takie same i wynoszą 2,2 metra. Korytarze główne mają szerokość 3,4 metra, a ich długość zależna jest od liczby rzędów w rozpatrywanym układzie.

W badaniach autor skorzystał z norm pracy wózka widłowego podanych przez Fijałkowskiego¹² oraz z własnych obliczeń wykonanych na potrzeby eksperymentu. Aby porównać wyniki badań, przyjęto najkorzystniejszy sposób poruszania się podczas procesu kompletacji, oparty na algorytmie Ratliffa Rosenthala. Zapewnia to, iż czasy wyznaczania drogi podczas realizacji zamówień dla wszystkich założonych wariantów będą optymalne.

Badania przeprowadzone zostały za pomocą specjalnie napisanego do celów badawczych programu komputerowego, który powstaje według koncepcji przedstawionej przez takich badaczy, jak M. Jakubiak, G. Tarczyński. Stanowi on symulator magazynu czasu rzeczywistego, w którym możliwe jest analizowanie różnych wariantów badawczych.

4. Wyniki badań

Wykonano 1000 replikacji, w których jedna replikacja obejmowała jeden dzień roboczy pracy magazynu. Zamówienia generowane będą stochastycznie,

¹² J. Fijałkowski, 2003, *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

z rozkładu jednostajnego. Przy regułach składowania opartych na klasyfikacji ABC (tab. 1) prawdopodobieństwa są różne dla każdej klasy, dla składowania losowego prawdopodobieństwa są takie same dla każdego miejsca pobrania. Czasy napływania zamówień do węzła logistycznego są również stochastyczne (rozkład wykładniczy w literaturze określany jest często jako rozkład „bez pamięci”, wyrażający najbardziej losowy proces). Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 3-7.

Tabela 3. Czasy realizacji zamówień dla wszystkich stref kompletacji w zależności od liczby produktów na liście zamówień oraz przyjętej reguły składowania

Liczba produktów w zamówieniu	Reguły składowania				
	<i>across</i>	<i>diagonal</i>	<i>perimeter</i>	<i>within</i>	losowe
5	0:11:40	0:12:10	0:14:22	0:12:42	0:16:19
10	0:17:49	0:17:58	0:18:22	0:17:04	0:23:45
15	0:22:35	0:22:11	0:21:45	0:20:49	0:29:40
20	0:26:35	0:25:34	0:25:01	0:24:13	0:34:13
25	0:30:09	0:28:28	0:28:05	0:27:19	0:37:55
30	0:33:23	0:31:04	0:31:01	0:30:15	0:41:06
35	0:36:23	0:33:28	0:33:52	0:33:08	0:43:56
40	0:39:14	0:35:46	0:36:40	0:35:53	0:46:28

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Średni czas kompletacji wszystkich zamówień w pierwszej konfiguracji strefy kompletacji

Reguła składowania	Średni czas kompletacji zamówień	Pogorszenie wyników względem rozwiązania najlepszego (w %)
Losowe	00:41:34	45,12
<i>Across</i>	00:30:59	8,20
<i>Diagonal</i>	00:30:59	8,16
<i>Perimeter</i>	00:30:24	6,14
<i>Within</i>	00:28:38	-

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Średni czas kompletacji wszystkich zamówień w drugiej konfiguracji strefy kompletacji

Reguła składowania	Średni czas kompletacji zamówień	Pogorszenie wyników względem rozwiązania najlepszego (w %)
Losowe	00:29:55	30,29
<i>Across</i>	00:24:51	8,20
<i>Perimeter</i>	00:24:06	4,94
<i>Diagonal</i>	00:23:46	3,46
<i>Within</i>	00:22:58	-

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Średni czas kompletacji wszystkich zamówień w trzeciej konfiguracji strefy kompletacji

Reguła składowania	Średni czas kompletacji zamówień	Pogorszenie wyników względem rozwiązania najlepszego (w %)
Losowe	00:36:43	43,63
Across	00:27:39	8,14
Diagonal	00:26:58	5,46
Within	00:25:35	0,05
Perimeter	00:25:34	-

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7. Średni czas kompletacji wszystkich zamówień w czwartej konfiguracji strefy kompletacji

Reguła składowania	Średni czas kompletacji zamówień	Pogorszenie wyników względem rozwiązania najlepszego (w %)
Losowe	00:28:28	31,65
Across	00:25:24	17,49
Perimeter	00:24:30	13,32
Within	00:23:30	8,69
Diagonal	00:21:37	-

Źródło: opracowanie własne.

Przy każdym układzie strefy kompletacji wskazanie reguły składowania produktów ma kluczowe znaczenie dla szybkości realizacji procesu zamówień. Wybranie najlepszej metody składowania produktów pozwala na każdorazową oszczędność czasu, która może sięgać nawet powyżej 40% w stosunku do metody najgorszej (przy optymalnym sposobie poruszania się po strefie kompletacyjnej). Nie można jednoznacznie stwierdzić, która reguła składowania produktów daje zawsze najlepsze efekty. Można za to uznać, iż stosowanie reguł składowania *volume-based storage* może wydatnie zwiększyć efektywność procesów komisjonowania realizowanych w węzłach logistycznych.

5. Wnioski

Rozpatrując proces kompletacji zamówień jako wypadkową wielu zmiennych, możemy stwierdzić, iż wybranie najkorzystniejszej reguły składowania powinno być procesem opartym o szczegółową analizę wszystkich składowych wpływających na czas kompletacji. Do najważniejszych z nich należą układ strefy kompletacji, metoda przyjęta przy wyznaczaniu drogi podczas realizacji zamówień, średnie wielkości list kompletacyjnych oraz zmienność popytu na zamawiane dobra. Mimo bardzo dobrych wyników, które wskazują jednoznacznie na wyższość reguł *volume-based storage* nad metodą losowego składowania, każde przedsiębiorstwo powinno indywidualnie rozważyć możliwość ich wprowadzenia. Metody składowania według

stałych miejsc wywołują duże trudności w wyznaczeniu stałych miejsc składowania, które będą w sposób optymalny wykorzystywać powierzchnię magazynową przy zmiennym popycie na produkty.

Literatura

- Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr., 2002, *Zarządzanie logistyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Fijałkowski J., 2003, *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Frazelle E.H., Apple J.M., 1994, *Warehouse Operations in The Distribution Management Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- Gademann A.J.R.N., Van den Berg J.P., Van der Hoff, H.H., 2001, *An order batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse*, "IIE Transactions", 33, s. 385-398.
- Ghiani G., 2004, *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, West Sussex.
- Koster R. de, Le-Duc T., Roodberger K., 2007, *Design and control of warehouse order picking: A literature review*, "European Journal of Operational Research", 182, s. 481-501.
- Le-Duc T., 2011, *Design and Control of Efficient Order Picking Processes*, Doctoral Thesis, Erasmus Research Institute of Management (ERIM), Rotterdam.
- Petersen C., Aase R., Heiser D., 2004, *Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage*, "International Journal of Physical Distribution & Logistics Management", Volume 34, Issue 7, s. 534-544.
- Petersen C.G., 1995, *Routeing and storage policy interaction in order picking operations*, "Decision Sciences Institute Proceedings", 3, s. 1614-1616.
- Petersen C.G., Aase G. and Heiser D.R., 2004, *Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage*, "International Journal of Physical and Logistics Management", 34(7), s. 534-544.
- Petersen, C.G., 1999, *The impact of routing and storage policies on warehouse efficiency*, International Journal of Operations & Production Management 19(10), s. 1053-1064
- Schwarz L.B., Graves S.C., Hausman W.H., 1978, *Scheduling policies for automatic warehousing systems: Simulation results*, "AIIE Transactions", 10, s. 260-270.

THE INFLUENCE OF THE STORAGE POLICIES ON THE IMPROVEMENT OF THE LOGISTIC HUBS EFFECTIVENESS

Summary: Companies are still looking for a new management concept to effectively compete in the dynamic environment. This trend is particular visible in times of the global economic crisis. That is why in modern economy even small movements of goods on short distances are becoming more and more important. If we consider the scale of numbers of small movements of goods, we observe how big influence has the analysis of small movements on the supply chain. At the same time with the increase in the desire to improve business processes, the

interest of large investments that can significantly improve the functioning of logistics systems still decreases. Values are beginning to take the methods that do not require significant capital investment, but which have big influence on enterprises effectiveness. The order picking problems in a warehouse are an important aspect in improving the productivity of modern logistic hubs. According to various estimates, the costs associated with order picking in a warehouse are from 55 to 65% of the total material handling costs. The improvement of order picking process by using simple storage policies can lead to big savings for businesses. Based on the real model of logistic hub a simulation program has been created which is used for example to calculate the influence of storage policy on the time of order picking process. By means of implemented simulation methods it is possible to match the appropriate order picking process to the needs of a given enterprise.

Keywords: order-picking, warehouse management, simulation tools, storage policies.

.