

Magdalena Grabowy, Agnieszka Wielgosz
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Nowoczesne rozwiązania stosowane w automatycznych magazynach

Modern solutions used in automatic warehouse

Synopsis. W dobie XXI wieku nowoczesność ściśle wiąże się z automatyzacją. Przedsiębiorstwa pragnące uzyskać przewagę konkurencyjną oraz sprostać potrzebom klientów muszą otworzyć się na nowoczesne rozwiązania, które pozwolą im na uzyskanie przewagi. Firmy działające w obszarze projektowania rozwiązań podnoszących efektywność magazynów oferują różnorodne systemy. Mają one do dyspozycji wiele form zagospodarowania swoich powierzchni składowania, do których można zaliczyć m.in. automatyczne systemy wysokiego składowania, automatyczne magazyny zarówno pojemnikowe, jak i paletowe oraz wsparcie oprogramowania zarządzającego magazynem – WMS/MFC. Podstawowe procesy magazynowe realizowane przez człowieka zastąpione zostają przez te wykonywane przez maszyny oraz zautomatyzowane narzędzia.

Słowa kluczowe: logistyka magazynowa, automatyczne magazyny, automatyzacja procesów magazynowych, innowacje

Abstract. In the twenty-first century, modernity is closely related to automation. Companies wishing to gain a competitive advantage and meet the needs of clients must open up to modern solutions that will allow them to gain an advantage. Companies operating in the area of designing solutions that increase the efficiency of warehouses offer a variety of systems. They have at their disposal many forms of development of their storage areas, which include automatic high storage systems, automatic warehouses both container and pallet and support for warehouse management software – WMS/MFC. The basic storage processes performed by man are replaced by those made by machines and automated tools.

Key words: warehouse logistics, automatic warehouses, automation of warehouse processes, innovations

Wstęp

Rozwój działalności wielu firm i powstawanie kolejnych obiektów handlowych wywołują potrzebę obsługi logistycznej. To przekłada się na popyt sieci handlowych na magazyny [Olszewski i Mika 2018]. Ciągłe wzrastające zapotrzebowanie na powierzchnie magazyno-

we wymusza na przedsiębiorstwach potrzebę wprowadzania innowacji, w celu zapewnienia jak największej efektywności ich wykorzystywania. W obecnych czasach zaobserwować można, jak dynamicznie wzrasta zarówno skala, jak i złożoność oraz znaczenie procesów logistycznych, m.in. zarządzania przepływem surowców, materiałów, półfabrykatów oraz wyrobów gotowych. Do ich sprawnego oraz efektywnego funkcjonowania potrzebne są systemowe, zintegrowane oraz odpowiednio dostosowane rozwiązania opierające się na technologiach informatycznych, jak i automatyce. Wcześniej procesy realizowane w znacznej mierze przez człowieka obecnie są automatyzowane. Liczy się przede wszystkim efektywność, szybkość działania i większa niezawodność systemu związana ze znaczną eliminacją błędów czynnika ludzkiego. Magazyn jest rdzeniem przemysłu, jego role zmieniają się wraz z upływem czasu i w związku z tym zmianom ulega również logistyka magazynowa. Wraz z postępującym zapotrzebowaniem na nowe obszary składowania niezwykle istotne jest również maksymalne wykorzystanie każdej jednostki przestrzennej magazynu.

Cel i metodyka badań

Celem analiz było przedstawienie nowoczesnych rozwiązań automatyzujących magazyny na przykładzie firm zajmujących się m.in. dostarczaniem kompleksowych rozwiązań systemów magazynowania, transportu wewnętrznego, czy też tworzeniem zintegrowanych systemów logistycznych. Źródłem danych do analizy była literatura z zakresu logistyki magazynowej. Ponadto analizą objęto obecnie dostępne rozwiązania w zakresie automatyzacji na rynku. W badaniach wykorzystano wnioskowanie dedukcyjne. Wyniki analiz przedstawiono w formie opisowej, graficznej i tabelarycznej.

Pojęcie magazynu oraz tendencje rozwoju gospodarki magazynowej

Zgodnie z normą PN-84/N-01800 magazyn jest jednostką funkcjonalno-organizacyjną, przeznaczoną do magazynowania dóbr materialnych (zapasów) w wyodrębnionej przestrzeni, budowli magazynowej, według ustalonej technologii, wyposażoną w odpowiednie urządzenia i środki techniczne, zarządzaną i obsługiwaną przez zespół ludzi wyposażonych w odpowiednie umiejętności [PN-84/N-01800].

Z logistycznego punktu widzenia magazyn jest jednostką organizacyjno-funkcyjną przeznaczoną do składowania zapasów, zajmującą wyodrębnioną przestrzeń wyposażoną w odpowiednie środki techniczne, zarządzaną i obsługiwaną przez zespół ludzi [Majewski 2006]. Magazyn oraz operacje logistyczne w nim zachodzące istotnie wpływają na szybkość przepływu materiałów i efektywność całego procesu przepływu ładunków w systemach logistycznych [Ambroziak, Jachimowski i Pyza 2016].

Współczesny system magazynowy to zbiór zasobów operacyjnych (stałych i ruchomych), odpowiednio rozmieszczonych w obszarze budowli magazynowej oraz w jej bezpośrednim otoczeniu, za pomocą których realizowany jest proces przepływu materiałów i informacji, przy uwzględnieniu określonych uwarunkowań czasowo-kosztowych oraz zarządczych łańcucha dostaw, w którym ten system funkcjonuje [Korzeń 2000].

Podobnie jak ta definicja, tak i inne traktują magazyn jako ogniwo systemu logistycznego, w którym produkty są czasowo przechowywane, a także kierowane do dalszych ogniw sieci logistycznej. Tym samym magazyny stają się zarazem punktami dostaw i od-

bioru, jak i punktami koncentracji, czy też rozdziału strumieni wyrobów w systemie logistycznym [Ambroziak, Jachimowski i Pyza 2016].

Inteligentny magazyn tworzy organizacyjno-funkcjonalne ogniwo logistyczne zdolne do ilościowo-czasowego wyrównywania przepływu materiałowego w łańcuchu dostaw. [Korzeń 2000].

Nowoczesne systemy transportowo-magazynowe różnią się między sobą przede wszystkim [Korzeń 2000]:

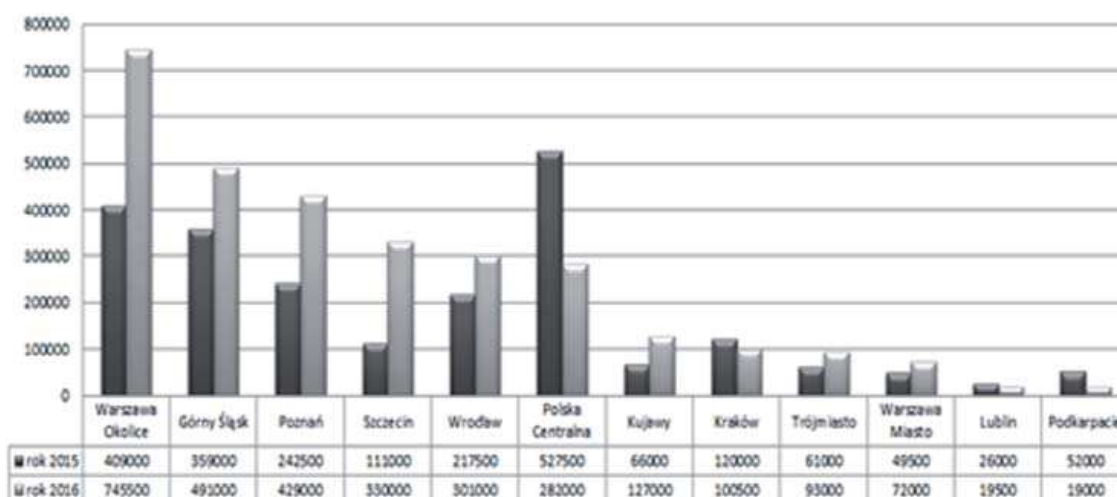
- zakresem działalności przedmiotowej,
- spełnianymi funkcjami taktyczno-operacyjnymi,
- przynależnością organizacyjno-funkcjonalną,
- rodzajem składowanych i przemieszczanych ładunków.

Sprawdzonym środkiem obniżania kosztów produkcji i jej usprawniania jest automatyzacja procesów produkcyjnych oraz magazynowych. Na hali produkcyjnej automatyka jest obecna od bardzo dawna, do magazynów zaś trafiła znacznie później i rzadziej wykorzystywana. W 2014 roku zostały przeprowadzone badania przez Panel Polskich Menadżerów Logistyki, które wykazały, że blisko 60% firm w Polsce nawet nie zastanawiało się nad wdrożeniem automatyki magazynowej. Małe zainteresowanie jest bardzo często związane z niewiedzą i brakiem świadomości dotyczącej wymiernych efektów takich zmian. W innych krajach występuje o wiele większa świadomość konieczności automatyzacji poszczególnych segmentów zakładów produkcyjnych, w tym magazynów. Znacząca liczba producentów automatyki opracowuje innowacyjne rozwiązania przeznaczone do magazynów. Dzięki temu powstały zautomatyzowane regały magazynowe, zrobotyzowane wózki widłowe technologie Pick-by-Light i Pick-by-Voice, systemy transportu wewnętrznego, kody RFID, jak i drony czy też beacons. Te środki pozwalają usprawnić działanie magazynu, kontrolować zgromadzone zasoby oraz ich drogę na linii produkcyjne, a także wyeliminować błędy ludzkie.

Zestawienie wynajętej powierzchni magazynowej według lokalizacji w latach 2015–2016 przedstawiono na rysunku 1. W 2015 roku największa powierzchnia magazynowa została wynajęta w Polsce Centralnej, w okolicach Warszawy oraz na Górnym Śląsku, a najmniejsza w Lublinie, na Podkarpaciu oraz na Kujawach. W 2016 roku podobnie największą wynajętą powierzchnię magazynową odnotowano w okolicach Warszawy, na Górnym Śląsku i Poznaniu, a najmniejszą w Lublinie, na Podkarpaciu oraz w Warszawie.

Istniejącą powierzchnię magazynową według właścicieli obiektów przedstawiono na rysunku 2. Największy udział w tej powierzchni mają takie podmioty Prologis (20,7%) oraz SEGRO (10,3%), a najmniejszą powierzchnię posiada CLIP (3, %), MLP (2,7%) i CBRE GI (0,9%). Udział małych jednostki łącznie wynosi 21,9%.

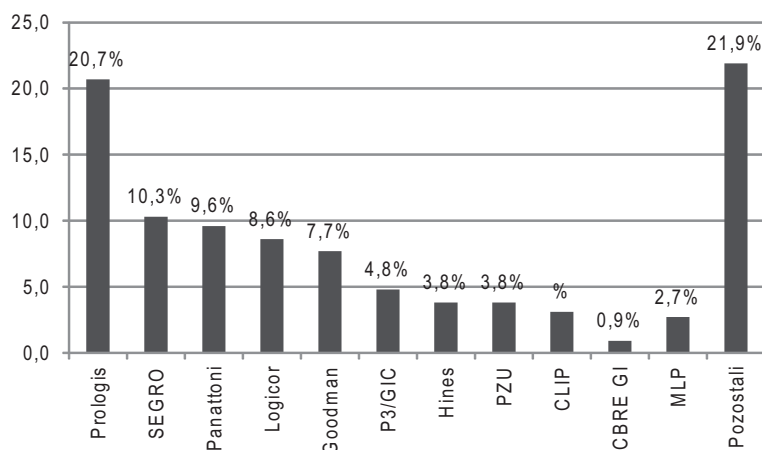
Deweloperzy starają się spełnić każde zapotrzebowanie. Rosnący popyt skłania więc do kolejnych inwestycji. W 2017 roku oddano do użytku prawie 2,3 mln m², a w budowie było kolejnych 1,17 mln m² powierzchni, z czego prawie jedna trzecia budowana była spekulacyjnie, bez wiążących umów [Olszewski i Mika 2018]. Magazyny oddane do użytku w 2016 roku według deweloperów zaprezentowano na rysunku 3. Z danych wynika, że najwięcej z nich przekazało do użytku przedsiębiorstwo Panattoni (775 000 m²), Goodman (121 000 m²) i SEGRO (84 000 m²), a najmniej Waimea Holdings Limited (12 000 m²), Ideal Idea (6 000 m²) oraz Port Gdynia (4 000 m²).



Rysunek 1. Wynajęta powierzchnia magazynowa według lokalizacji (popyt brutto)

Figure 1. Leased warehouse space by location (gross demand)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Mika 2017].



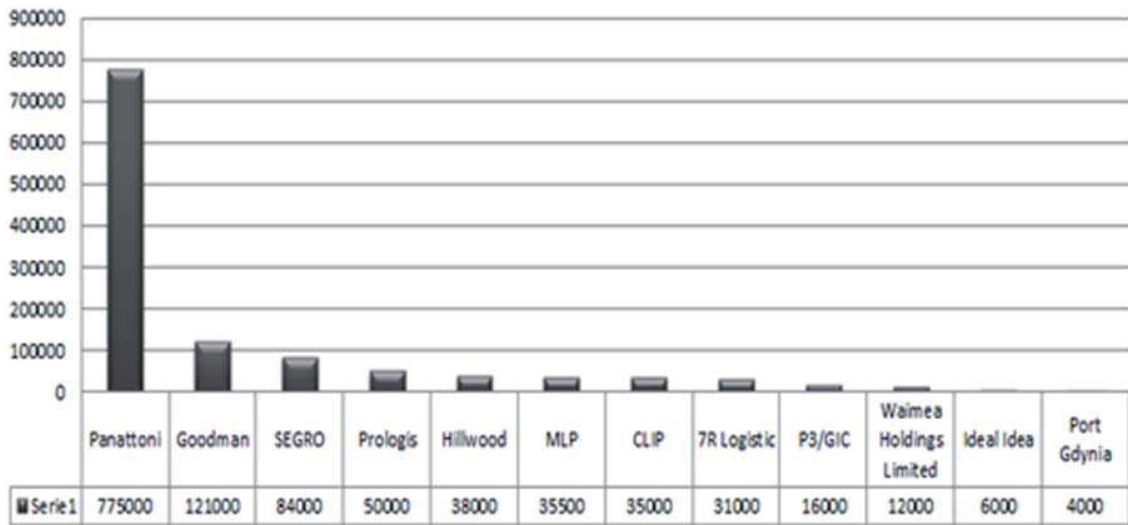
Rysunek 2. Istniejąca powierzchnia magazynowa według właścicieli obiektów (%)

Figure 2. Existing warehouse space according to property owners (%)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Mika 2017].

Powierzchnię magazynową w budowie według lokalizacji w czwartym kwartale 2016 roku zaprezentowano na rysunku 4. Największe tego typu powierzchnie znajdują się w Szczecinie, w okolicach Warszawy oraz w Poznaniu. Odmienna sytuacja w tym zakresie występuje w Warszawie, Lublinie i na Podkarpaciu.

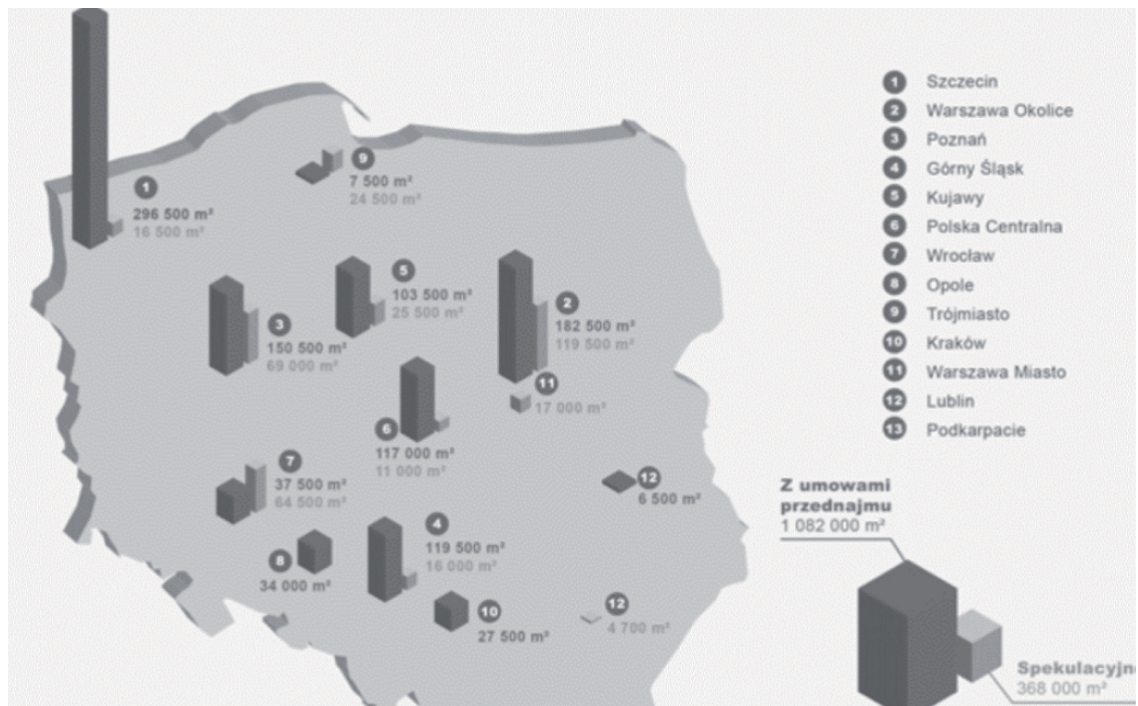
Wynajętą powierzchnię magazynową według najemców uwzględniono na rysunku 5. Z danych wynika, że największą wynajętą powierzchnią magazynową mają operatorzy logistyczni (31,7%), sieci sklepów (23,4%) i lekka produkcja (9,8%). Najmniej takiej powierzchni ma natomiast branża budowlana (1,0%), artykuły chemiczne (1,0%) oraz archiwa (0,8%).



Rysunek 3. Magazyny oddane do użytku według deweloperów

Figure 3. Warehouses put into use according to developers

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Mika 2017].

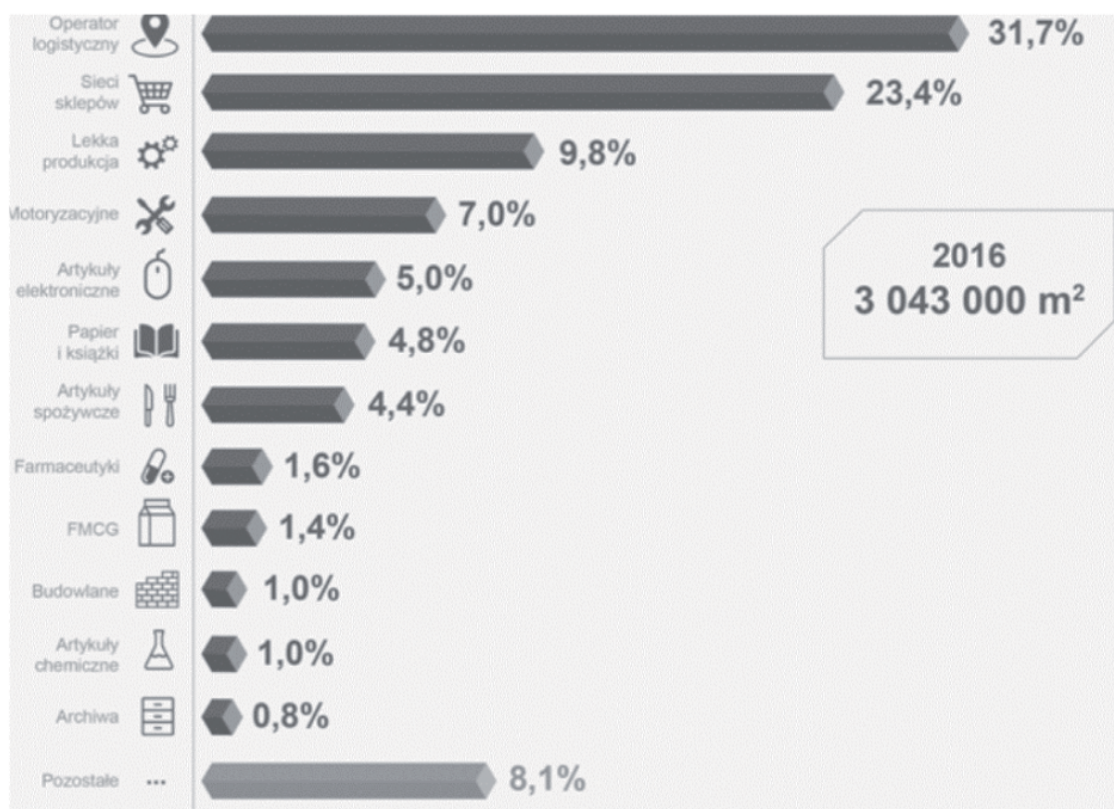


Rysunek 4. Powierzchnia magazynowa w budowie według lokalizacji w czwartym kwartale 2016

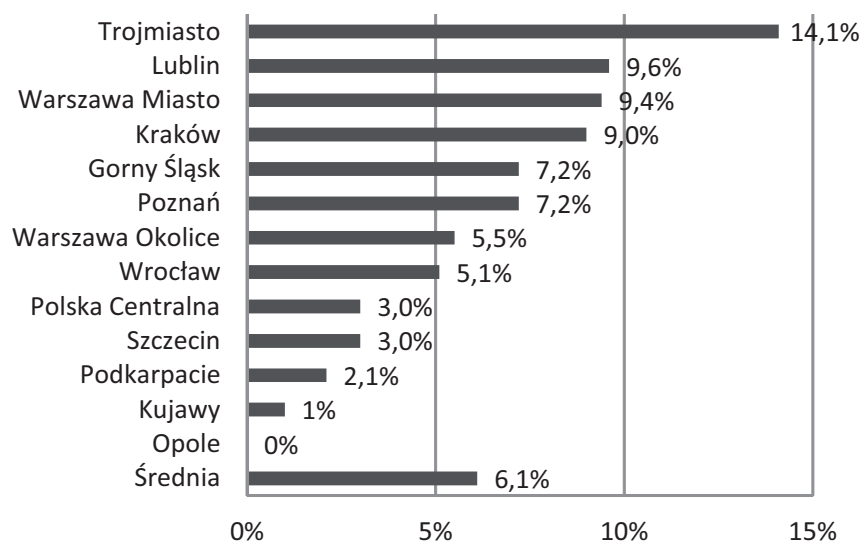
Figure 4. Warehouse space under construction by location in the fourth quarter of 2016

Źródło: [Mika 2017].

Udział niewynajętej powierzchni magazynowej według lokalizacji w czwartym kwartale w 2016 roku przedstawiono na rysunku 6. Najwięcej niewynajętej powierzchni znajduje się w Trójmieście (4,1%), Lublinie (9,6%) oraz w Warszawie (9,4%), a najmniej w Podkarpaciu (2,1%), Kujawach (1%) i w Opolu (0%). Średni jej udział wynosi 6,1%.



Rysunek 5. Wynajęta powierzchnia magazynowa według branży najemcy – popyt brutto
 Figure 5. Rented warehouse space according to the tenant industry – gross demand
 Źródło: [Mika 2017].



Rysunek 6. Udział niewynajętej powierzchni magazynowej według lokalizacji w czwartym kwartale 2016
 Figure 6. The ratio of vacant warehouse space by location in the fourth quarter of 2016
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [Mika 2017].

Efektywne formy oraz systemy zagospodarowania powierzchni składowania

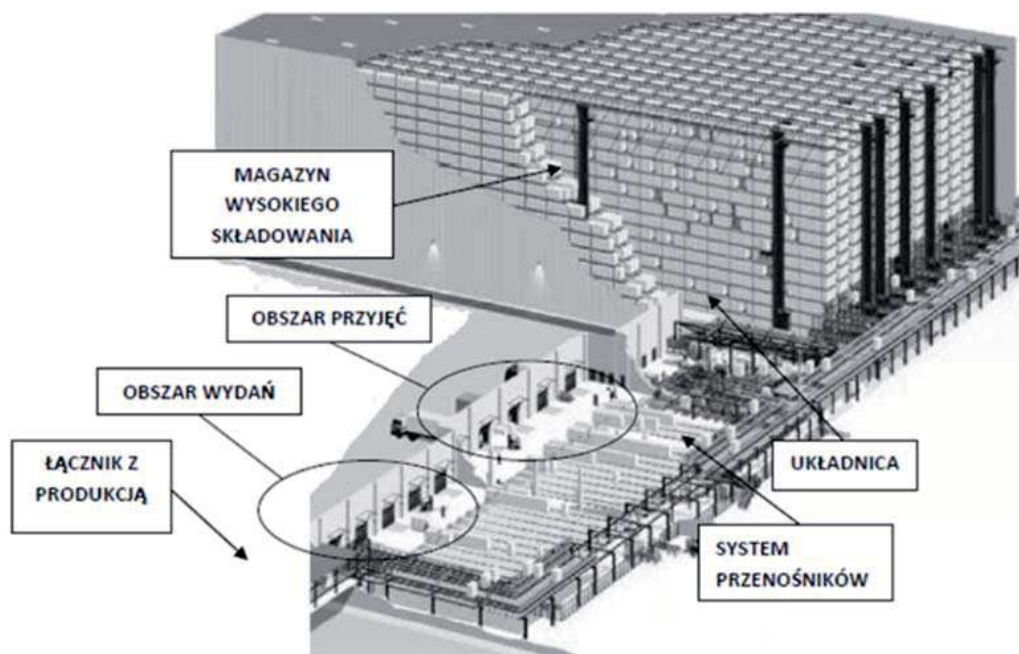
Automatyczne magazyny wysokiego składowania

W automatycznych magazynach wysokiego składowania, rolę operatorów wózków widłowych przejmują układnice magazynowe, obsługujące palety na regałach o wysokości wynoszącej nawet do 40 m. Ładunki są przemieszczane szybko i bezpiecznie, a wykorzystanie dostępnej do zagospodarowania powierzchni magazynowej jest optymalne. Lokalizacją ładunków zarządza system informatyczny obsługiwany często przez jedną osobę. Tego typu rozwiązanie pozwala na bieżąco śledzić ruchy surowców, opakowań i wyrobów gotowych. Wszelkie przesunięcia magazynowe są generowane przez system i w pełni przez niego nadzorowane, co oznacza, że jeśli paleta nie dotrze we właściwe miejsce, system zasygnalizuje ten fakt obsługującemu go użytkownikowi. System zarządza kompleksowo wprowadzonymi danymi (terminy ważności surowców i wyrobów, okresy ważności świadectw jakości, terminy realizacji zleceń produkcyjnych czy zamówień klienta). W ten sposób czas konieczny do załadowania pojazdów dostawczych znacznie się skraca, ponieważ system, znając terminy poszczególnych zamówień klientów, generuje zlecenia transportowe i organizuje przygotowanie wszystkich pozycji zamówienia, doprowadzając do sytuacji, w której zadaniem operatora jest jedynie przewiezienie przygotowanych palet do pojazdu, co w porównaniu z tradycyjnymi metodami działania znacznie skraca czas kompletacji zamówienia i załadunku¹.

Schemat magazynu wysokiego składowania obsługiwanego przez automatyczne układnice przedstawiono na rysunku 7. Wyróżnia się w nim dwa kluczowe obszary: pierwszy z nich to obszar obsługiwany przez człowieka, a drugi jest w pełni zautomatyzowany. Paleta trafia do obszaru przyjęć w momencie dostarczenia surowca lub materiału do magazynu. Powinna być ona wyposażona w etykietę logistyczną (SSCC). Jeśli nie jest, to zostaje oznakowana wygenerowanym numerem referencyjnym w magazynie, który znajduje odzwierciedlenie w kodzie kreskowym. Informacje o przyjęciu niezależnie od sposobu identyfikacji muszą znaleźć się w systemie zarządzającym magazynem. Po zaktualizowaniu danych towar jest gotowy do przetransportowania do obszaru składowania. Pracownik magazynu przewozi paletę, a następnie ustawia ją w punkcie wejściowym układu przenośników. Zeskanowanie kodu kreskowego, który znajduje się na palecie, rozpoczyna ciąg dalszych czynności. Na początku system zapamiętuje, która paleta oraz z jakim towarem zostaje wprowadzona do zautomatyzowanej części magazynu. Po zeskanowaniu kodu pracownik otrzymuje informację, jaki towar wprowadza do magazynu (np. jest to nazwa surowca), a następnie potwierdza zgodność opisu z towarem rzeczywistym. Paleta zostaje zwolniona w tym momencie wprowadzona na układ przenośników. System śledzi ruch palety, jednocześnie sprawdzając rozłożenie tego samego asortymentu na regałach magazynowych w drodze do obszaru składowania. Wybrany zostaje ten korytarz, w którym jest najmniej towaru (ze względu na ryzyko braku dostępu do towaru w przypadku awarii którejś z układnic). System po

¹ <http://wichary.eu/oferta/systemy-logistyki-magazynowej/automatyzacja-systemow-skladowania/>
[dostęp: 07.05.2018]

wyborze korytarza przydziela miejsce magazynowe, gdzie towar zostanie ulokowany, generując w tym samym czasie dla układnicy zadanie przewiezienia palety w zarezerwowane wcześniej miejsce magazynowe.



Rysunek 7. Schemat magazynu wysokiego składowania

Figure 7. Plan of high-rack storage

Źródło: [Malanowska, Fajfer 2011].

Automatyczne magazyny pojemnikowe

Magazyny towarów szybko rotujących wymagają elastycznych rozwiązań charakteryzujących się wysoką dynamiką i precyzją. Na automatyczne magazyny pojemnikowe składają się regały, mechanizm oraz oprogramowanie magazynowe. Takie rozwiązanie polega na zarządzaniu automatyczną strefą składowania pojemników lub kartonów. Pojemniki lub też kartony są wprowadzane oraz wyprowadzane ze strefy przy użyciu zautomatyzowanych układnic. Moduł mini-load z kanałami kompletacyjnymi, do których to zwożone są pojemniki, poświęcone do kompletacji jest szczególnym przypadkiem. Automatyczne magazyny typu mini-load umożliwiają maksymalne wykorzystanie przestrzeni oraz eliminują błędy i charakteryzują się wyższą przepustowością, dzięki integracji z systemem informatycznym.

Składowanie mini-load można wykorzystać w:

- magazynach składających małe części o jednoczesnym dużym przepływie materiałów,
- magazynach narzędziowych,
- magazynach buforowych dla pojemników lub kartonów skompletowanych, będących w oczekiwaniu na wysyłkę,
- w celu zasilania systemów kompletacyjnych Pick-to-light oraz Put-to-light.

W automatycznych magazynach pojemnikowych zastosowanie mają układnice i przenośniki pojemnikowe.

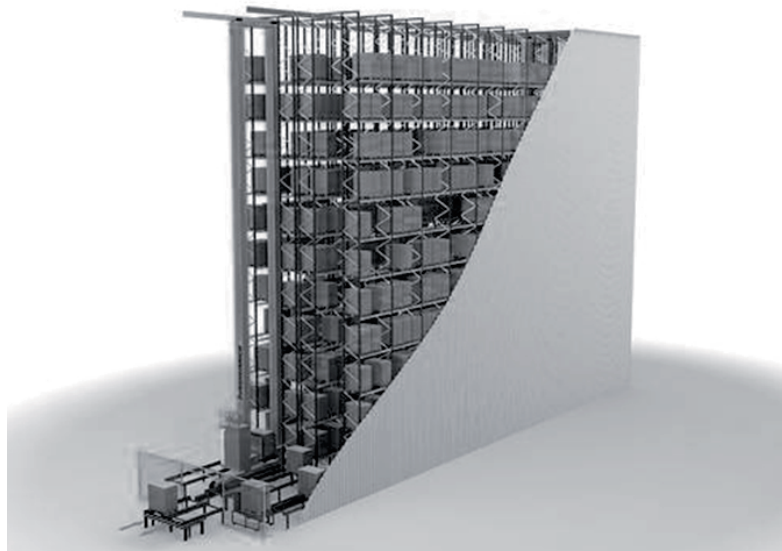
Automatyczny magazyn pojemnikowy posiada korytarz roboczy, w którym przemieszcza się układnica. Po jego obu stronach rozmieszczone są regały przeznaczone do składowania tac lub pojemników. Przenośniki pojemnikowe występować mogą w różnych konfiguracjach, co umożliwi transport zarówno na odcinkach prostych, jak i zakrętach, pochyłościach oraz między poziomami.

Automatyczne magazyny paletowe

Automatyczne systemy składowania usprawniają operacje przyjęcia oraz, kolejno magazynowania i wysyłki ładunków na paletach. Mają one wpływ zarówno na zwiększenie szybkości wykonania wszelkich operacji, jak i na bezpieczeństwo procesu magazynowania. Ten rodzaj magazynów występuje jako magazyn silosowy do zabudowy, lub też magazyn wolnostojący. Jego zadanie polega na automatycznym składowaniu palet, skrzyń kratowych oraz systemów nośników indywidualnych. Automatyczne magazyny paletowe przeznaczone są do magazynowania dużych ilości jednego artykułu, który charakteryzuje się szybką rotacją.

W magazynach paletowych zastosowanie znajdują:

- układnice paletowe – urządzenia przeznaczone do automatycznego składowania ładunków w magazynie,
- układnice paletowe trójstronne – urządzenia mające zastosowanie w przypadku automatyzacji regałów paletowych, których maksymalna wysokość sięga 15 m,
- przenośniki paletowe – rozwiązanie zapewniające odpowiednią kombinację efektywności stosowanych przenośników z procesami wejścia, wysyłki oraz manipulacji określonymi jednostkami ładunkowymi.



Rysunek 7. Magazyn paletowy

Figure 7. Pallet warehouse

Źródło: <https://www.jungheinrich.pl/produkty/regaly-magazynowe/skladowanie-palet-statyczne/regal-wysokiego-skladowania/> [dostęp: 07.05.2018].

System WMS

Warehouse Management System (WMS) firmy Jungheinrich ma na celu zapewnienie realizacji procesów w sposób prosty i wydajny poprzez optymalizacje, zarządzanie i sterowanie magazynem. Przynosi wiele korzyści, które są ważne przy prawidłowej pracy magazynu. Procesy magazynowe wspomagane przez system WMS mają znaczący wpływ na ich bezpieczeństwo, zwiększoną przejrzystość, wzrost wydajności, elastyczność, zabezpieczenie na przyszłość oraz możliwość korzystania z wielu wersji językowych. Zalety wdrożenia WMS klasyfikuje się jako:

- moduł klientów umożliwia operatorowi magazynu świadczącemu usługi logistyczne, zarządzanie towarami różnych klientów; odpowiednie zasoby magazynowe oraz przynależne procesy są zarządzane z podziałem na klientów, którzy są ich właścicielami;
- moduł wielomagazynowy za pomocą tego modułu można w systemie WMS Jungheinrich zarządzać wieloma magazynami. Magazyn jest największą jednostką administracyjną w systemie WMS Jungheinrich. Jeśli przedsiębiorstwo jest zlokalizowane w wielu miejscach, dla każdej lokalizacji definiuje się najczęściej osobny magazyn. Moduł wielomagazynowy umożliwia przejrzyste zarządzanie wieloma lokalizacjami i w razie potrzeby prowadzenie czynności magazynowych we wszystkich magazynach lub tylko w wybranych;
- zarządzanie numerami serii – za pomocą tego modułu można w systemie WMS Jungheinrich zarządzać numerami serii. W tym celu system oferuje funkcjonalności wspomagające i nadzorujące;
- moduł pakowania pomaga pracownikom w pakowaniu kompletowanego towaru i przygotowaniu go do wysyłki. Poprzez definiowane profile, okna dialogowe, pakowanie, dostosowuje się do indywidualnych wymagań klienta, tak, aby rejestrowane były tylko pożądane dane. Ustawienia w profilu dotyczą na przykład trybu pakowania, czasu pakowania, automatycznego wydruku pokwitowania lub informacji zwrotnej do nadrzędnego systemu hostowego. W module pakowania określa się, jakie dane mają być zapisane i przetworzone dla listy jednostek opakowaniowych. Można przy tym zarejestrować liczbę paczek, ich masę, odniesienie do stanu zasobów lub bezpośrednio przekształcić w paczkę środek ładunkowy wykorzystywany do kompletacji,
- moduł załadunkowy – dzięki niemu można sterować procesem załadunku za pomocą systemu WMS Jungheinrich. Umożliwia on zrealizowanie kolejności załadunku zgodnie z predefiniowaną trasą i przy użyciu profili określających, jakie informacje mają być rejestrowane podczas załadunku. Oprócz tego sporządzane są dokładne protokoły, jakie paczki zostały załadowane na poszczególne ciężarówki. Aby korzystać z tego modułu, należy uprzednio utworzyć paczki. Z reguły wymagany jest do tego moduł pakowania. Jeśli jednak klient dokonuje wyłącznie kompletacji całych palet, moduł pakowania nie jest niezbędny. W takim wypadku odpowiednie środki ładunkowe można logicznie bez dalszych procesów fizycznych przekształcić w paczki,
- certyfikowany interfejs SAP systemu WMS Jungheinrich pozwala na połączenie ze sobą dwóch innych urządzeń, które bez niego nie mogą ze sobą współpracować. Za ich pomocą odpowiednie informacje są wymieniane poprzez IDoc Intermediate Document, czyli plik wymiany danych w systemach SAP.

Podsumowanie i wnioski

Procesy globalizacyjne wymuszają na przedsiębiorstwach potrzebę ciągłego wprowadzania innowacyjnych metod, dostosowywania się do sytuacji na rynku oraz szybkiego reagowania. Dawniej zamówienia były dostarczane w ogromnych ilościach na paletach do magazynów, dzisiaj natomiast nastąpiła zmiana priorytetów, przede wszystkim liczy się ujęcie jednostkowe i szybkie, precyzyjne oraz bezpieczne dostarczenie produktu klientom.

Opierając się na gromadzeniu danych oraz sprawnym ich wykorzystywaniu powstają nowoczesne narzędzia tj. RFID, WMS, system zarządzania flotą wózków ISM, interfejs logistyczny, czy też automatyczne magazyny wysokiego składowania. Ciągłe i ukierunkowane na zapotrzebowanie rynku prace rozwojowe w dziedzinie oprogramowania logistycznego oparte na innowacyjnych trendach intralogistycznych gwarantują przedsiębiorstwom sprostanie wymaganiom logistycznym obecnie, jak i w przyszłości.

Literatura

- Ambroziak T., Jachimowski R., Pyza D., 2016: Dobór środków transportu do realizacji zadań w obiektach magazynowych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport*, 119, 7–18. <http://wichary.eu/oferta/systemy-logistyki-magazynowej/automatyzacja-systemow-skladowania/> [dostęp: 07.05.2018].
- Jungheinrich, [źródło elektroniczne] <https://www.jungheinrich.pl/produkty/regaly-magazynowe/skladowanie-palet-statyczne/regal-wysokiego-skladowania/> [dostęp: 07.05.2018].
- Korzeń Z., 2000: Inteligentne magazyny – logistyczne uwarunkowania integracji systemów, [źródło elektroniczne] <https://www.logistyka.net.pl/images/articles/5256/Ref-15.pdf> [dostęp: 07.05.2018].
- Majewski J., 2006: *Informatyka w magazynie*, Biblioteka Logistyka, Poznań.
- Malanowska I., Fajfer P., 2011: Zastosowanie nowoczesnych technologii dla zwiększenia efektywności zarządzania magazynem, *E-mentor* 2, [źródło elektroniczne] <http://www.e-mentor.edu.pl/artukul/index/numer/39/id/833>.
- Mika T., 2017: Rynek powierzchni magazynowych w Polsce w 2016 r., [źródło elektroniczne] <https://magazyny.pl/blog/raporty/rynek-powierzchni-magazynowych-w-polsce-w-2016-r/> [dostęp: 07.05.2018].
- Olszewski T., Mika T., 2018: Rynek magazynowy w Polsce 2018, [źródło elektroniczne] <https://magazyny.pl/blog/raporty/rynek-magazynowy-w-polsce-2018/> [dostęp: 07.05.2018].
- PN-84/N-01800, *Gospodarka magazynowa – Terminologia podstawowa*.

Adres do korespondencji:

Magdalena Grabowy

(<https://orcid.org/0000-0003-2997-6608>)

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza w Rzeszowie,

al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów,

e-mail: magdag525@gmail.com.

M. Grabowy, A. Wielgosz

Agnieszka Wielgosz
(<https://orcid.org/0000-0001-8520-574X>)
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza w Rzeszowie,
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
e-mail: agnieszkawielgosz.95@wp.pl