

Kornelia Osieczko-Potoczna *  <https://orcid.org/0000-0001-5014-2742>
Politechnika Rzeszowska
e-mail: kosieczko@prz.edu.pl

Pociągi logistyczne i AGV – definicja oraz charakterystyka

https://doi.org/10.25312/2391-5129.39/2024_07kopt

Artykuł stanowi usystematyzowanie wiedzy z obszaru dwóch wybranych rozwiązań intralogistycznych, których pojęcia często pojawiają się w kontekście przemysłu 4.0 lub przemysłu 5.0. Przedstawiono dwa wybrane rozwiązania znajdujące zastosowanie w transporcie wewnętrznym. Na podstawie przeglądu literatury zdefiniowano pociągi logistyczne oraz pojazdy sterowane automatycznie AGV. Wyszczególniono metody formowania zestawów holowniczych pociągów logistycznych oraz typów naczeł wraz z ich charakterystyką. W przypadku pojazdów AGV dokonano podziału ze względu na rodzaj pojazdu, metody nawigacji oraz stosowane jednostki ładunkowe.

Słowa kluczowe: pociąg logistyczny, AGV, pojazdy automatyczne, automatyzacja transportu, rozwiązania intralogistyczne

Wstęp

Globalny rynek przyczynia się do wzrostu wymagań interesariuszy oczekujących produktów wysokiej jakości, dostarczonych w odpowiednim czasie oraz możliwie najniższej cenie. Przedsiębiorstwa w dobie przemysłu 4.0 (Rogaczewski, Cieślak, Suszyński, 2020: 133–145) szukają rozwiązań pozwalających sprostać obecnym wyzwaniom w postaci indywidualizacji przy jednoczesnej optymalizacji procesów i kosztów produkcji (Abele i in., 2015: 150–153). Przemysł 5.0 (*Przemysł 5.0. Kolejna*

* Kornelia Osieczko-Potoczna – doktor inżynier, doktor nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości. Adiunkt w Zakładzie Systemów Zarządzania i Logistyki na Wydziale Zarządzania Politechniki Rzeszowskiej. Obszary badawcze: logistyka, intralogistyka, automatyzacja procesów logistycznych oraz zrównoważony rozwój. Autorka artykułów w czasopiśmie naukowych, branżowych oraz rozdziałów w monografiach.

rewolucja?, 2022), korzystając z rozwiązań Industry 4.0, podkreśla znaczenie człowieka, środowiska i odporności łańcucha dostaw. Poza automatyzacją przy projektowaniu lub też zastosowaniu dostępnych technologii powinno się zwracać szczególną uwagę na ułatwienie obsługi i pracy człowiekowi oraz wpływ na środowisko. Ponadto, jak pokazały doświadczenia pandemii COVID-19, rozwiązania pozwalające na automatyzację powinny być odporne na podobne sytuacje w przyszłości (Walicka, Czemieli-Grzybowska, 2023: 109–125).

Największym wyzwaniem jest czas – szybka reakcja na wymagania klienta i zachowanie elastyczności. Organizacje dążą do zautomatyzowania wewnętrznych procesów, wymiany informacji w czasie rzeczywistym, które pozwolą na podejmowanie odpowiednich decyzji i szybkie reagowanie z uwzględnieniem optymalnego wykorzystania zasobów (Osieczko-Potoczna, 2022: 52–55).

Odpowiedzią na wyzwania jest sprawnie funkcjonujący system organizacji procesów, umożliwiający harmonizację pracy wszystkich zasobów, redukujący zbędne ruchy, poprawiający efektywność oraz wpływający na zmniejszenie ogólnych kosztów realizacji zleceń. Kluczowe jest podejmowanie decyzji w oparciu o rzeczywiste dane i informacje przedstawiające bieżące możliwości posiadanych zasobów.

Sektor intralogistyki napotyka ciągle nowe wyzwania, spowodowane głównie przez intensywnie rozwijający się rynek e-commerce. Zwiększenie szybkości rotowania towarów, duża liczba drobnych zamówień, szybsze czasy dostaw, skrócenie czasu przetrzymywania produktów w magazynie to czynniki decydujące o tym, że automatyczne procesy intralogistyczne muszą być niezawodne, elastyczne i skalowane. Co więcej, ich wydajność powinna być na najwyższym poziomie.

Na podstawie niemieckiej normy DIN 30781 określenie transportu wewnętrznego odnosi się do przemieszczania oraz zmiany lokalizacji osób i towarów z punktu początkowego do miejsca przeznaczenia, ręcznie lub za pomocą środków technicznych (*DIN 30781-1:1989-05. Transportkette; Grundbegriffe*, 1989). Początkowo wykorzystywano do tego celu urządzenia obsługiwane ręcznie. Wraz z postępem technologicznym i dostępnością sprzętu możliwe stało się częściowe lub całkowite zautomatyzowanie procesu transportu w organizacjach. Do tego celu mogą służyć między innymi pociągi logistyczne albo automatycznie sterowane pojazdy (AGV).

Zastosowanie odpowiednich technologii jest zależne od rodzaju przemieszczanych towarów, rodzaju jednostek transportowych, wymagań technicznych dotyczących przepustowości oraz innych wymagań w danym przedsiębiorstwie. Rozwiązania, takie jak pojazdy AGV czy pociągi logistyczne, często pojawiają się jako rozwiązania przemysłu 4.0 (Wang, Anderl, 2016: 971–976; Rohrhofer, Graf, 2018: 14–15; Barcik, Odlanicka-Poczobutt, 2020: 138). Istotne jest zatem zestawienie dostępnych informacji w celu zdefiniowania oraz opracowania podstawowej charakterystyki wybranych rozwiązań stosowanych w transporcie wewnętrznym.

Pociągi logistyczne

Jednym z rozwiązań w zakresie transportu wewnątrzzakładowego są ciągniki z dołączonymi wózkami lub platformami. W literaturze określane są one jako: *Schlepper* (w tłumaczeniu *ciągnik* z niem.) (Heinrich, 2009: 235), *Mizusumashi* (z jap.), *Tugger-train – TT* (w tłumaczeniu *pociągi holownicze* z ang.) lub pociągi logistyczne (ang. *logistic train*). Na portalach branżowych pojawiają się także takie nazwy, jak pociągi transportowe lub zestawy transportowe. Pojęcia te zarówno w literaturze, jak i w biznesie stosowane są zamiennie i odnoszą się do ciągnika z zestawem wózków służących do przemieszczania materiałów wewnątrz organizacji. Zaliczane są one do narzędzi szczupłego zarządzania *lean management* (Reis i in., 2016: 112–118).

Pojęcie *Mizusumashi* oznacza dostawcę punktu obsługi, który na bieżąco śledzi dany obszar i reaguje szybko na zgłaszane potrzeby dostarczenia towarów. Odnosi się do osoby odpowiedzialnej za cykliczne dostarczanie towarów oraz odbiór pustych pojemników, a także przepływ informacji z miejsc uzupełnień dostarczanych części czy materiałów do magazynu. Natomiast *pociąg, zestaw holowniczy* (ang. *Tugger Train – TT*) zgodnie z wytycznymi Stowarzyszenia Niemieckich Inżynierów VDI 5586 opisywany jest jako „przemysłowy pojazd ciągnący z jednym lub większą liczbą holowników” (*VDI 5586 Blatt 1 – Entwurf. Routenzugsysteme – Grundlagen, Gestaltung und Praxisbeispiele*, 2016). Obydwa pojęcia odnoszą się do ciągników z zestawem wózków.

W literaturze polskiej pojawia się określenie *pociąg logistyczny*, które definiowane jest jako: „przemieszczanie po standardowej trasie zmiennej ilości materiałów w stałych odstępach czasu. Ilość materiałów może się zmieniać, zaś czas dostarczenia jest zawsze taki sam” (Głuszak-Piasecka, 2015: 320). Określenie pociągu logistycznego może być niejednoznacznie rozumiane. Zgodnie z definicją zamieszczoną w *Encyklopedii PWN* pociągiem kolejowym nazywa się „zespół sprzęgniętych ze sobą pojazdów szynowych, z których co najmniej jeden jest czynnym pojazdem trakcyjnym (ciągnącym lub pchającym)” (*Pociąg*, b.r.). To samo źródło podaje definicję pociągu drogowego, zgodnie z którą jest to „zespół co najmniej trzech pojazdów drogowych, z których jeden ciągnie pozostałe” (*Pociąg drogowy*, b.r.). W tym przypadku jest mowa o ciągniku, do którego są dołączane wózki/platformy w celu przetransportowania materiałów czy produktów wewnątrz przedsiębiorstwa. Niemniej jednak brak nazwy własnej w języku polskim wprowadził pewne zamieszanie w oznaczaniu tego typu pojazdu. Biorąc pod uwagę drugą definicję (pociągu drogowego), można przyjąć, że określenie *pociąg logistyczny* można zastosować do urządzenia ciągnącego za sobą minimum dwa pojazdy.

Wobec tak zróżnicowanego nazewnictwa zdaniem autorki niniejszego opracowania najbardziej poprawne określenie to ciągnik z zestawem wózków, który jest centralnym elementem zaopatrzenia obszarów produkcyjnych. Jednakże uwzględniając zapożyczenia nazw własnych, warto ujednolicić pojęcie i przyjąć nazwę z języka angielskiego *logistic train* w tłumaczeniu oznaczającą pociągi logistyczne.

Pojęcie *pociąg logistyczny* można zdefiniować jako pojazd ciągnący, obsługiwany przez operatora, wykorzystywany w transporcie wewnętrznym do przemieszczania towarów umieszczonych na dołączonych wózkach. Inne występujące określenia pociągu logistycznego to: ciągnik z zestawem wózków, *logistic train*, *Tugger*, *TT – Tugger Train*, *Mizusumashi* lub *Schlepper*. Przykładowy typowy ciągnik z zestawem wózków przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Pociąg logistyczny

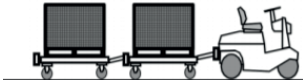

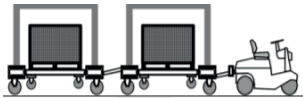

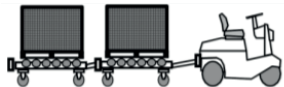
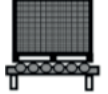
Źródło: *Pociągi transportowe (Mizusumashi)*, 2020.

Ciągnik jest holownikiem obsługiwany przez wyznaczonego pracownika, natomiast problematyczna pozostaje kwestia obsługi dołączonych wózków/platform, na których umieszczane są towary i które transportowane są z magazynu na halę i pomiędzy wyznaczonymi stanowiskami. Wykorzystanie tego typu pojazdów jest często łączone z kursem mleczarza (ang. *Milk-Run*) (Mácsay, Bányai, 2017: 141–146), w którym zabierane są puste pojemniki i dostarczane pojemniki z niezbędnymi częściami, materiałami na poszczególnych liniach, stanowiskach czy magazynach międzystanowiskowych.

Pociąg logistyczny ma przewagę nad wózkami widłowymi ze względu na możliwość dołączenia różnorodnych wózków dopasowanych do rozmiaru i kształtu transportowanych pojemników. Wykorzystanie takiego zestawu transportowego pozwala na zwiększenie wydajności, skrócenie procesu transportowego oraz bezpieczne przemieszczanie towarów wewnątrz przedsiębiorstwa. Takie rozwiązania znajdują zastosowanie przy powtarzalności wykonywanych procesów oraz przy odpowiednim projekcie hali umożliwiającym utworzenie pętli transportowej (Klecha, 2016). Pociąg

logistyczny nie eliminuje całkowicie wykorzystania w przedsiębiorstwie wózków widłowych, stanowi raczej jego uzupełnienie pomiędzy magazynem a produkcją.

Poszczególne pociągi logistyczne różnią się wózkami, które są dopasowywane do potrzeb i możliwości danego przedsiębiorstwa. Można wyróżnić trzy rodzaje technicznych metod formowania zestawów holowniczych w zależności od doczepionego zestawu (VDI 5586..., 2016). Zostały one przedstawione na rysunku 2.



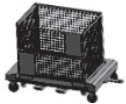





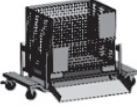

Nazwa metody	Przykład konkretnego zastosowania	Rodzaj wykorzystywanego wózka
Przyczepa		 Sama przyczepa
„Taxi”, wsuwania/wysuwania		 Dodatkowy wózek
Przenośnik rolkowy		 Przenośnik rolkowy zamontowany na stałe

Rys. 2. Metody formowania zestawów holowniczych

Źródło: opracowanie własne na podstawie Keuntje, Thomaser, Günter, 2016: 619.

Metoda dołączenia przyczepy jest najprostszym sposobem transportu. Polega na zastosowaniu wózków, które są doczepione do ciągnika i bezpośrednio na nich są transportowane towary. Druga metoda – określana jako taxi lub metoda wsuwania/wysuwania (z niem. *Ein-/Aufschubkonzept*) – oznacza zastosowanie wózka w formie ramy doczepionej do ciągnika, do której wsuwane są inne wózki. Różnica w porównaniu z metodą dołączania przyczepy polega na tym, że można wysuwać/wsuwać wózki bez odłączania ramy transportowej przyczepionej do ciągnika. Ostatnia metoda związana jest z wykorzystaniem wózków z zamontowanymi na stałe przenośnikami rolkowymi.

Jak wcześniej wspomniano, największym problemem jest kwestia obsługi dołączanych wózków. Wybór i zastosowanie odpowiedniej metody umożliwi wykorzystanie poszczególnych typów przyczep lub ram, które są dołączane do ciągnika. Poszczególne przyczepy w zależności od metody formowania wózków pokazano na rysunku 3.

	Przyczepa	„Taxi”, wsuwania-wysuwania		Przenośnik rolkowy
Typy przyczep/ram	 Przyczepa platformowa	 Rama-B	 Rama-C	 Przenośnik rolkowy ze stałym dyszlem
	 Przyczepa z ramą rurową	 Rama-E	 Rama-H	 Przenośnik rolkowy z regulowanym dyszlem
		 Przyczepa rampowa	 Rama-U	

Rys. 3. Typy przyczep w zależności od metody formowania wózków

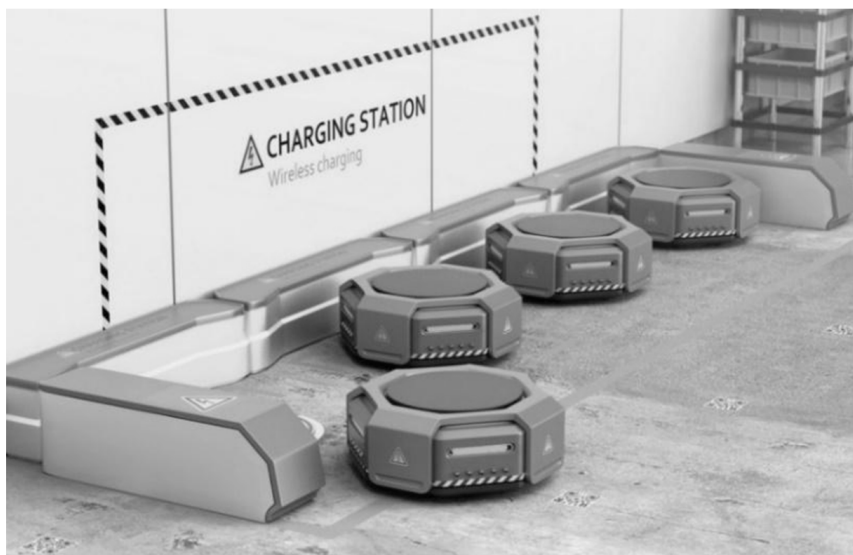
Źródło: opracowanie własne na podstawie Keuntje, Hormes, Fottner, 2018: 99.

W pierwszym przypadku (metoda przyczepy) wykorzystywane są przyczepy platformowe lub z ramą rurową. Przyczepa platformowa pozwala na transportowanie ciężkich ładunków o różnych gabarytach, natomiast przyczepa z ramą rurową może być używana do transportu o określonej powierzchni bazowej. W drugim przypadku (taxi) mamy do czynienia z większą różnorodnością stosowanych rozwiązań technicznych. Rama typu E i C pozwala na wsunięcie/wysunięcie wózka z określonej strony. Dodatkowo rama C posiada cztery koła, a rama E – dwa koła ze sterowaniem środkową osią. Rama H musi być rozładowywana z tej samej strony, z której nastąpił załadunek. Ramy typu B, C, U i przyczepa rampowa określane są jako dwustronne ze względu na możliwość wsunięcia/wysunięcia wózka z każdej ze stron. Każda z ram może być też połączona z funkcją podnoszenia holownika. Proces ten może być realizowany w sposób mechaniczny, elektryczny, hydrauliczny lub pneumatyczny. Trzeci przypadek przedstawia metodę przenośnika rolkowego. Przenośniki rolkowe występują w wersji z dyszlem stałym lub regulowanym.

Pociąg logistyczny stanowi energooszczędną możliwość realizacji dostaw materiałów poprzez stworzenie odpowiedniej platformy na przemieszczane materiały. W połączeniu z dostępnymi systemami ERP i automatyczną identyfikacją RFID ten rodzaj transportu pozwala na przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym.

Pojazdy sterowane automatycznie AGV

Innym rozwiązaniem w zakresie transportu wewnątrzzakładowego są pojazdy sterowane automatycznie (ang. *automated guided vehicle* – AGV, niem. *Fahrerlose Transportsysteme* – FTS) jako system transportu bez kierowcy, składający się z jednostki oprogramowania do sterowania oraz jednego lub więcej pojazdów podłogowych. Są to bezzałogowe, w pełni zautomatyzowane pojazdy, które nazywane są w skrócie automatycznymi pojazdami AGV lub pojazdami AGV.



Rys. 4. Przykładowy robot AGV

Źródło: *Funkcjonalność robotów AGV*, 2019.

Pierwszy pojazd AGV powstał w 1953 jako zmodyfikowany ciągnik holowniczy (*Tugger*) służący do transportowania dołączonych przyczep. Znalazł zastosowanie w przedsiębiorstwie Mercury Motor Freight Company w Stanach Zjednoczonych (Karolina Południowa) (Hammond, 1987: 3–9). Do naprowadzania pojazdu wykorzystywano pętlę indukcyjną. Następnie tego typu pojazdy znalazły zastosowanie w innych fabrykach i magazynach. W 1973 roku został zaprojektowany i wdrożony przez firmę Volvo w Szwecji pojazd AGV. Pełnił on funkcję ruchomej platformy montażowej sterowanej komputerowo. Rozwiązanie się sprawdziło, z czasem w przedsiębiorstwie funkcjonowało 280 takich pojazdów (Ullrich, 2015: 2–3). Przykładowy pojazd został przedstawiony na rysunku 4. AGV służy do przewożenia towarów po wyznaczonej trasie.

W praktyce biznesowej pojazd AGV może być określany nie tylko jako pojazd automatyczny, ale także jako pojazd autonomiczny. Pierwszy człon w obu nazwach – *pojazd* – odnosi się do urządzenia przystosowanego do poruszania się. Natomiast

przymiotnik *automatyczny* oznacza działający w ściśle określonych warunkach, a *autonomiczny* – działający niezależnie, samodzielnie w nieznanym środowisku (Pillath, 2016: 3–4). Kwestia poprawności użycia obu pojęć w odniesieniu do AGV zależy od możliwości urządzenia. Parlament Europejski wyróżnia sześć poziomów autonomiczności opartych na poziomie automatyzacji (tab. 1) zgodnie z międzynarodową normą SAE J3016 (*Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016_202104*, 2021).

W polskim ustawodawstwie definicję pojazdu autonomicznego reguluje Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 roku – Prawo o ruchu drogowym, zgodnie z którą jest to: „[...] pojazd samochodowy, wyposażony w systemy sprawujące kontrolę nad ruchem tego pojazdu i umożliwiające jego ruch bez ingerencji kierującego, który w każdej chwili może przejąć kontrolę nad tym pojazdem”. Jest to jednak definicja zawężająca rozumienie omawianego pojęcia, ponieważ do kategorii pojazdów autonomicznych mogą być zaliczane tylko samochody będące na czwartym poziomie automatyzacji zgodnie z normą SAE J3016 (*Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016_202104*, 2021).

Tab. 1. Poziomy autonomiczności zgodnie z SAE J3016

Poziom autonomii		Opis
0	Brak automatyzacji	Kierowca w pełni kontroluje pojazd. Obecne są podstawowe systemy, takie jak awaryjne bezpieczeństwo samochodu (ABS) lub tempomat.
1	Asysta kierowcy	Dostępne są systemy dające namiastkę automatyzacji, asystent pasa ruchu, aktywny tempomat.
2	Częściowa automatyzacja	Systemy z poziomu 1 mogą ze sobą współpracować, same zmieniając tor jazdy oraz prędkość.
3	Warunkowa automatyzacja	W określonych sytuacjach (autostrada/korek) pojazd porusza się w pełni autonomicznie.
4	Wysoka automatyzacja	Pojazd porusza się autonomicznie bez udziału kierowcy, który może przejąć nad nim kontrolę w każdej chwili.
5	Pełna automatyzacja	Pełna automatyzacja, brak możliwości ręcznego sterowania pojazdem. „Kierowca” jako użytkownik podaje tylko cel podróży.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Zanchin i in., 2017: 2632–2633.

AGV (ang. *automated guided vehicle*) to samojezdny pojazd bezałogowy służący do przemieszczania towarów, funkcjonujący samodzielnie, bez konieczności bezpośredniej obsługi operatora. Wózek sterowany jest za pomocą odpowiednich układów nawigacji. Pojazd może działać automatycznie lub autonomicznie (Zanchin i in., 2017: 2632–2633).

Pojazdy AGV można podzielić także ze względu na rodzaj pojazdu (tab. 2). Pierwszym rodzajem pojazdów AGV są wózki holownicze (zestawy wózków trans-

portowych). Najczęściej spotykane automatyczne pojazdy to wózki pojedynczego załadunku. Występują także AGV w postaci wózków widłowych i prostych wózków transportowych.

Tab. 2. Podział AGV ze względu na rodzaj pojazdu

	Wózki holownicze (ang. <i>towing vehicles</i>)	Wózki pojedynczego załadunku (ang. <i>unit load vehicles</i>)	Wózki widłowe (ang. <i>fork trucks</i>)	Proste wózki transportowe (ang. <i>cart vehicles</i>)
Charakterystyka	Pierwsze pojazdy AGV, służące do holowania innych wózków. Poruszają się wzdłuż wyznaczonej pętli.	Najbardziej tradycyjne pojazdy AGV, przystosowane do przewozu różnych ładunków. Posiadają możliwość manewru i mogą poruszać się po wąskich ścieżkach	Elastyczne, wszechstronne, popularne pojazdy obsługujące różne rodzaje ładunków, takich jak: rolki, palety, stojaki. Maksymalizują dokładność i szybkość realizowanych działań.	Stosunkowo niedrogie pojazdy wykorzystywane do pracy jako wózki holownicze lub wózki pojedynczego załadunku.
Ładowność	Od 3 do 27 ton	Do 27 ton	Do 1,5 tony	Do 1,4 tony
Zastosowanie	Magazyny, hale produkcyjne, centra dystrybucyjne	Magazyny, hale produkcyjne, centra dystrybucyjne	Magazyny, hale produkcyjne, centra dystrybucyjne	Usługi – lotniska, hotele, szpitale

Źródło: opracowanie własne na *Zrobotyzowane wózki widłowe – zastosowanie i korzyści*, 2024.

Pojazdy sterowane automatycznie AGV różnią się rodzajem zastosowanej nawigacji. W literaturze przedmiotu wyszczególniono następujące metody: pętli magnetycznej, pętli indukcyjnej, nawigacji laserowej, linii optycznej, żyroskopową, ultradźwiękową, GPS (Śmieszek, 2016: 536), RFID (Martinez-Barbera, Herrero-Pérez, 2010: 459–468), linii refleksyjnej (Podobińska-Staniec, Wilkosz, 2014: 4818) oraz naturalną 2D/3D (Płaczek, Osieczko, 2020: 169–170). Opis dostępnych metod zamieszczono w tabeli 3.

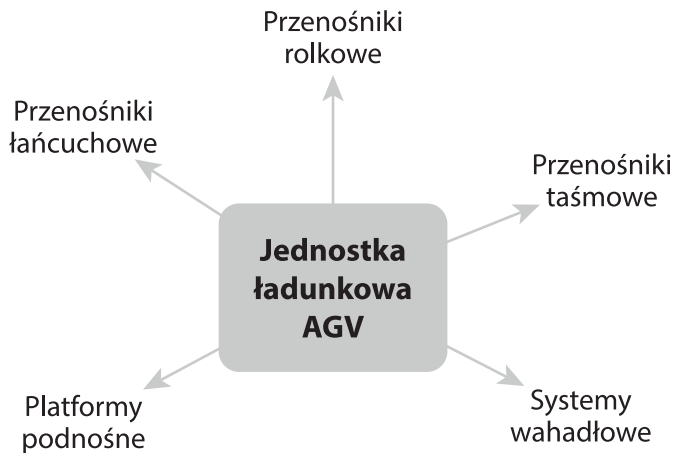
Tab. 3. Metody nawigacji pojazdów AGV

Metoda nawigacji	Charakterystyka
Metoda pętli indukcyjnej	Pojazd posiada zamontowane czujniki magnetyczne, które odbierają sygnał z umieszczonego w posadzce przewodu indukcyjnego, generującego pole elektryczne. Metoda ta cechuje się dużą skutecznością, umożliwiając sterowanie pojazdem w przestrzeniach otwartych. Pętla indukcyjna może również ładować akumulator AGV. Zmiana trasy jazdy wiąże się z ingerencją w podłogę i zmianą kanałów, w których znajduje się przewód.

Metoda nawigacji	Charakterystyka
Metoda pętli magnetycznej	Jako źródło pola magnetycznego wykorzystuje się materiał ferromagnetyczny. Instalacja tej metody nawigacji jest prosta i niskokosztowa. Pozwala także na szybkie modyfikowanie trasy. Metoda ta nadaje się do wykorzystania wewnątrz budynku. Obecność innych taśm magnetycznych może wpływać na czułość pojazdu i zakłócać jego funkcjonowanie.
Metoda nawigacji laserowej	Umieszczony w pojeździe nadajnik odczytuje wiązki lasera odbijające się od ustalonych optycznych punktów odniesienia. Następnie odebrany sygnał jest analizowany i pozwala na orientację AGV. Nawigacja laserowa pozwala na dużą dokładność, może być wykorzystana również na zewnątrz budynku dzięki odporności na warunki atmosferyczne oraz łatwo można zmodyfikować trasę. Konieczne jest zachowanie widoczności odbłyśników dla pojazdu.
Metoda żyroskopowa	Wykorzystywane jest urządzenie żyroskopowe, które wykrywa zmiany kierunku pojazdu. W podłożu montowane są punkty odniesienia (dodatkowe wzorcowanie zewnętrzne dla AGV). Metoda ta pozwala na dobre pozycjonowanie pojazdu, ale wiąże się z wysoką ceną, dodatkowo pojawiają się trudności instalacji sprzętu przy krzyżujących się ścieżkach.
Metoda optyczna	Pojazd wyposażony jest w fotokomórki (czujniki optyczne), które mierzą natężenie odbitego światła od przyklejonych do podłoża taśm odblaskowych. Metoda optyczna umożliwia szybką i niskokosztową zmianę trasy. Niestety, ogranicza się tylko do zastosowania wewnątrz budynku. Charakteryzuje się dużą czułością na zabrudzenia.
Metoda ultradźwiękowa	Pojazd wyposażony jest w zestaw czujników wychwytyjących fale ultradźwiękowe emitowane przez sygnał nawigacyjny. Odległość jest mierzona na podstawie oceny parametrów odbitej fali, na którą mają wpływ temperatura, ciśnienie czy wilgotność. Taka metoda sprawdza się w niewielkich przestrzeniach. Mimo braku konieczności instalacji dodatkowych znaczników taki rodzaj nawigacji jest rzadko stosowany.
Metoda GPS	Nawigacja pojazdu odbywa się poprzez odbiornik i system nawigacji satelitarnej. Zastosowanie tej metody jest stosunkowo proste, ale mało dokładne. W celu zwiększenia precyzji konieczne jest umieszczenie stacji referencyjnych. Metoda GPS sprawdza się w otwartych przestrzeniach.
Metoda RFID	Identyfikacja obiektów w oparciu o fale radiowe, które są automatycznie odczytywane i zapisywane, bez kontroli operatora. Pojazd odczytuje zamontowane w podłożu czytniki RFID. Metoda RFID pozwala na precyzyjne i szybkie działanie. Inwestycje, jakie należy ponieść, to zakup i montaż czytników.
Metoda linii refleksyjnej	Trasa wyznaczana jest przez naniesienie taśmy lub farby refleksyjnej na podłogę. Zainstalowana kamera stanowi układ nawigacji pojazdu, który porusza się wzdłuż wyznaczonej trasy. Metoda pozwala na łatwą modyfikację trasy przejazdu, ale zastosowanie sprawdza się tylko wewnątrz budynku.
Metoda 2D/3D	Pojazd wyposażony jest w skanery 2D/3D, służące do mapowania terenu z wykorzystaniem obiektów znajdujących się w otoczeniu robota. Tworząc wirtualną mapę oraz mając wyznaczone punkty, do których ma dotrzeć, pojazd sam określa optymalną trasę. Metoda nazywana także naturalną.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Płaczek, Osieczko, 2020: 169–170.

W klasyfikacji automatycznych pojazdów AGV można także uwzględnić kryterium zastosowanych jednostek ładunkowych. Taki podział został przedstawiony na rysunku 5.



Rys. 5. Podział pojazdów AGV ze względu na rodzaj zastosowanych jednostek ładunkowych

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Reasumując, wybrane rozwiązania intralogistyczne w obszarze transportu nie wyczerpują tematu. Są przykładami rozwiązań w zakresie transportu wewnątrzzakładowego, dzięki którym przedsiębiorstwa mogą osiągnąć korzyści w postaci zwiększenia wydajności, pozytywnego wpływu na zmniejszenie liczby zniszczeń towarów w trakcie transportowania. Pozwalają na lepsze wykorzystanie przestrzeni magazynowej, większą elastyczność oraz zwiększony poziom bezpieczeństwa. Umożliwiają automatyzację przepływu informacji i produktów wewnątrz przedsiębiorstwa. W połączeniu z systemami informatycznymi organizacji oraz czujnikami pozwalają na monitorowanie realizowanych procesów w czasie rzeczywistym.

Wraz z rozwojem dostępnych technologii podejmowane są prace nad udoskonalaniem możliwości sterowania, zmniejszeniem rozmiarów, zastosowaniem innych typów nawigacji oraz dostępnych rodzajów czujników. Omawiane rozwiązania intralogistyczne w postaci pociągów logistycznych oraz pojazdów AGV stanowią przykłady ukazujące możliwość zastosowania narzędzi logistyki 4.0/przemysłu 4.0 do bieżącej działalności przedsiębiorstw, wpływając na automatyzację procesów logistycznych.

Przedsiębiorstwa chcące sprostać rosnącym wymaganiom rynku będą poszukiwać odpowiednich rozwiązań pozwalających na realizację podstawowych czynności transportu wewnętrznego. Artykuł przedstawia dwa wybrane rozwiązania intralogistyczne. Warto opisać kolejne, by umożliwić szersze spojrzenie na infrastrukturę wewnętrzną pozwalającą na automatyzację realizowanych procesów w organizacjach.

Bibliografia

- Abele E., Anderl R., Metternich J., Wank A., Anokhin O., Arndt A., Meudt T., Sauer M. (2015), *Effiziente Fabrik 4.0 – Einzug von Industrie 4.0 in bestehende Produktionssysteme*, „Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF”, Jahrg. 110(3), s. 150–153.
- Barcik R., Odlanicka-Poczobutt M. (2020), *Logistyka 4.0 – wybrane zagadnienia*, TNOiK, Toruń.
- DIN 30781-1:1989-05. *Transportkette; Grundbegriffe* (1989), DIN – Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- Funkcjonalność robotów AGV (2019), <https://zrobotyzowany.pl/informacje/publikacje/3546/funkcjonalnosc-robotow-agv> [dostęp: 15.07.2024].
- Głuszak-Piasecka A. (2015), *Lean Management w logistyce wewnętrznej przedsiębiorstw na rynku polskim – wyniki badań ankietowych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 249, s. 316–337.
- Hammond G.C. (1987), *Evolutionary AGVS – from concept to present reality*, [w:] R. Holier (red.), *Proceeding of 6th International Conference Automated Guided System, Brussels, Belgium, 25–26 October*, IFS Publications Ltd, Kempston.
- Heinrich M. (2009), *Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen in der Intralogistik*, Springer Verlag, Wiesbaden.
- Keuntje C., Hormes F., Fottner J. (2018), *Considering Technical Details in the Planning of Tugger Train Systems*, Preecedings of 2018 2nd International Conference on High Performance Compilation, Computing and Communications, March 15–17, The Association for Computing Machinery, New York.
- Keuntje C., Thomaser P., Günter W. (2016), *Ermittlung der Zykluszeit von Routenzügen: Zeitbaustein system auf Basis von MTM-Analysen und Probandenstudien*, „Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: ZWF”, Jahrg. 111(10), s. 618–621.
- Klecha M. (2016), *Pociąg do produkcji*, <https://logistyczny.com/wydawnictwa/wydawnictwa-artykuly/item/920-pociag-do-produkcji> [dostęp: 28.09.2023].
- Kwiek D. (2022), *Przemysł 5.0?*, <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/przemysl-5-0/> [dostęp: 8.08.2024].
- Lu S., Xu C., Zhong R.Y. (2016), *An Active RFID Tag-Enabled Locating Approach With Multipath Effect Elimination in AGV*, „IEE Transactions on Automation Science and Engineering”, vol. 13(3), s. 1333–1342.
- Mácsay V., Bányai T. (2017), *Toyota Production System in MilkRun Based in-plan supply*, „Journal of Production Engineering”, vol. 20(1), s. 141–146.
- Martinez-Barbera H., Herrero-Pérez D. (2010), *Development of a flexible AGV for flexible manufacturing systems*, „Industrial Robot: An International Journal”, vol. 37(5), s. 459–468.

- Osieczko-Potoczna K. (2022), *Hale przyszłości? Zastosowanie rozwiązań intralogistycznych w obszarze transportu*, „Nowoczesne Hale”, z. 3, s. 52–55.
- Pillath S. (2016), *Automated vehicles in the EU*, European Parliamentary Research Service, European Union.
- Płaczek E., Osieczko K. (2020), *Zastosowanie robotów AGV w intralogistyce*, „Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie”, nr 1(30), s. 165–176.
- Pociąg (b.r.), [hasło w:] *Encyklopedia PWN*, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/pociag;4009549.html> [dostęp: 20.08.2024].
- Pociąg drogowy (b.r.), [hasło w:] *Encyklopedia PWN*, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/pociag-drogowy;4653016.html> [dostęp: 20.08.2024].
- Pociągi transportowe (Mizusumashi) (2020), <https://glowny-mechanik.pl/2020/01/03/pociagi-transportowe-mizusumashi/> [dostęp: 28.07.2024].
- Podobińska-Staniec M., Wilkosz A. (2014), *Reinżynieria procesów magazynowania*, „Logistyka”, nr 4, s. 4813–4820.
- Przemysł 5.0. Kolejna rewolucja? (2022), <https://dlaprodukcji.pl/przemysl-5-0/> [dostęp: 8.08.2024].
- Reis L., Varela M.L.R., Machado J.M., Trojanowska J. (2016), *Application of Lean Approaches and techniques in an automotive company*, „The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics”, vol. 50, s. 111–119.
- Rogaczewski R., Cieślak R., Suszyński M. (2020), *Wpływ cyfryzacji i przemysłu 4.0 na usprawnianie procesów produkcyjnych oraz ergonomię pracy*, „Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie”, nr 48(4), s. 133–145.
- Rohrhofer C., Graf H.C. (2018), *Intralogistik und Logistiktechnologie. Weißbuch für den Technologieeinsatz in der Logistik*, Shaker Verlag GmbH, Aachen.
- Śmieszek M. (2016), *Wykorzystanie środków automatycznego transportu w logistyce*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie”, z. 99, s. 533–543.
- Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016_202104* (2021), SAE, https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ [dostęp: 10.09.2024].
- Ullrich G. (2015), *Automated guided vehicle systems*, Springer, Heidelberg.
- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 roku – Prawo o ruchu drogowym, Dz.U. 2024, poz. 1251.
- VDI 5586 Blatt 1 - Entwurf. Routenzugsysteme - Grundlagen, Gestaltung und Praxisbeispiele* (2016), Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- Walicka M., Czemieli-Grzybowska W. (2023), *Sztuczna inteligencja w zarządzaniu kapitałem przedsiębiorstwa w dobie Przemysłu 5.0*, „Akademia Zarządzania”, nr 7, s. 109–125.
- Wang G., Anderl R. (2016), *Generic Procedure Model to Introduce Industrie 4.0 in Small and Medium-sized Enterprises*, Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, Vol II, October 19–21, San Francisco.

Zanchin B.C., Adamshuk R., Santos M.M., Collazos K.S. (2017), *On the Instrumentation and Classification on Autonomous Cars*, IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics, October 5–8, Banff.

Zrobotyzowane wózki widłowe – zastosowanie i korzyści (2024), <https://www.sluzby-ur.pl/arttykul/zrobotyzowane-wozki-widlowe-zastosowanie-i-korzysci> [dostęp: 24.06.2020].

Summary

Logistics trains and AGVs – definition and characteristics

The article is a systematization of knowledge in the area of two selected intralogistics solutions, the concepts of which often appear in the context of Industry 4.0 or Industry 5.0. Two selected solutions applicable to internal transportation are presented. Based on the literature review, logistics trains and AGVs automatically controlled vehicles were defined. Methods of forming towing sets of logistics trains and types of trailers were listed, along with their characteristics. In the case of AGVs, a division was made according to the type of vehicle, navigation methods and cargo units used.

Keywords: logistics train, AGV, automated vehicles, transportation automation, intralogistics solutions

About the Author

Kornelia Osieczko-Potoczna – PhD Eng., in social sciences in the discipline of management science and quality. Assistant Professor in the Department of Management Systems and Logistics at the Faculty of Management, Rzeszow University of Technology. Research areas: logistics, intralogistics, automation of logistics processes and sustainable development. Author of articles in academic and professional journals and chapters in monographs.

Ten utwór jest dostępny na [licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

