

Emilia Wajer

II rok studiów magisterskich, Logistyka
Wydział Ekonomii, Finansów i Zarządzania
Uniwersytet Szczeciński

ASPEKTY CZWARTEJ I PIĄTEJ REWOLUCJI PRZEMYSŁOWEJ W LOGISTYCE PROCESU MAGAZYNOWANIA NA PRZYKŁADZIE FUNKCJONOWANIA WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO

Wstęp

Przemysł 5.0 stanowi rozwinięcie koncepcji czwartej rewolucji przemysłowej poszerzając jej aspekty o humanizację procesów oraz ochronę środowiska naturalnego¹. Celem artykułu jest rozpoznanie wpływu wdrożenia nowoczesnych technologii z zakresu założeń Przemysłu 5.0 takich jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI), analiza danych (Big Data) wraz z zintegrowanymi systemami informatycznymi (WMS, ERP) na wzrost efektywności operacyjnej oraz elastyczności procesu magazynowania na przykładzie procesu magazynowania przedsiębiorstwa produkcyjnego branży *Pet Food*. Artykuł został opracowany na podstawie analizy literatury, analizy SWOT, analizy ryzyka oraz symulacji procesu magazynowania wybranego przedsiębiorstwa.

1. Analiza literaturowa zagadnienia

Czwarta rewolucja przemysłowa koncentruje się na zwiększeniu produktywności i poprawie efektywności procesów w przedsiębiorstwach. Jej celem jest pełna integracja systemów produkcyjnych i logistycznych, umożliwiając autonomizację działań w oparciu o sztuczną inteligencję działającą w czasie rzeczywistym, przy jednoczesnym minimalizowaniu udziału człowieka². Wśród głównych filarów czwartej rewolucji przemysłowej wyróżnia się: roboty

1 W. Musiał, J. Witek, *Proposal for an expert system to AID decision-making in the design and management of flexible manufacturing systems*, Silesian University of Technology Publishing House, 2023, s. 474-493.

2 M. Javaid, A. Haleem, *Critical components of industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing*, "J. Ind. Integr. Manag.", 2020, s. 327-348.

autonomiczne³, symulacje⁴, integrację poziomą i pionową⁵, rozszerzoną rzeczywistość (AR)⁶, produkcję przyrostową (addytywną)⁷, bezpieczeństwo cybernetyczne⁸, przetwarzanie w chmurze⁹ Internet rzeczy (IoT)¹⁰, Big Data¹¹.

Wdrożenie oraz koordynacja powyższych filarów Przemysłu 4.0 umożliwia minimalizację zapotrzebowania na ingerencję czynnika ludzkiego, co uznawane jest za główną wadę opisywanej koncepcji prowadzącej do wzrostu bezrobocia. Koncepcja Przemysłu 5.0 stanowi uzupełnienie czwartej rewolucji przemysłowej w zakresie humanizacji procesów oraz ochrony środowiska kładąc nacisk na rozwój współpracy pomiędzy człowiekiem a postępującym procesem robotyzacji oraz podkreślając odpowiedzialność ekologiczną za zmiany w środowisku zewnętrznym generowanym przez przedsiębiorstwa przy jednoczesnej potrzebie wzrostu produktywności organizacji¹².

Osiągnięcie założeń piątej rewolucji przemysłowej możliwe jest poprzez rozbudowę głównych filarów Przemysłu 4.0 o następujące aspekty:

3 X. Liu, J. Cao, Y. Yang, S. Jiang, *CPS-Based Smart Warehouse for Industry 4.0: A Survey of the Underlying Technologies*, Computers 2018.

4 A. Nagyova, Z. Kotianova, J. Glatz, J. Sinay, *Human Failures on Production Line as a Source of Risk of Non conformity Occurrence*, International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2020, s. 97–103.

5 M. Azarian, H. Yu, W.D. Solvang, B. Shu, *An Introduction of the Role of Virtual Technologies and Digital Twin in Industry 4.0*, In *International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*, Lecture Notes in Electrical Engineering Springer, Singapore 2020, s. 634.

6 H. Parikh, I. Saijwal, N. Panchal, A. Sharma, *Autonomous Mobile Robot for Inventory Management in Retail Industry*, In *Futuristic Trends in Networks and Computing Technologies*, Proceedings of the Fourth International Conference on FTNCT, Singapore 2022, s. 93–103.

7 F.F. Guilherme, *From Supply Chain 4.0 to Supply Chain 5.0: Findings from a Systematic Literature Review and Research Directions*, "Logistics", 2022, vol. 5, no. 3, s.14.

8 L.N. Tikwayo, T.N. Mathaba, *Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic: A Literature Review*, "Logistics", 2023, vol. 7, no. 2, s.4.

9 *Ibidem*, s. 5.

10 W. Musiał, *op. cit.*, s. 474-493.

11 *Ibidem*, s. 474-493.

12 F.F. Guilherme, *op. cit.*, s. 2.

antropocentryzm¹³, odporność systemów¹⁴, zrównoważony rozwój¹⁵, masowa personalizacja¹⁶, inteligentne systemy¹⁷, interakcja ludzi i maszyn¹⁸, efektywność energetyczna¹⁹. Obie koncepcje wzajemnie się uzupełniają tworząc możliwości dalszego rozwoju, poprawy elastyczności oraz konkurencyjności w oparciu o nowoczesne technologie oraz idee.

W literaturze wskazuje się potencjalne korzyści wynikające z implementacji koncepcji Przemysłu 5.0: wzrost odporności organizacji, elastyczności oraz innowacyjności, efektywności wykorzystania zasobów, efektywności operacyjnej, poprawa jakości oraz dostępności danych, ograniczenie wpływu na środowisko, poprawa warunków pracy oraz poszerzenie kompetencji pracowników²⁰. Przedsiębiorstwa planujące wdrożyć rozwiązania z zakresu piątej rewolucji przemysłowej powinny rozważyć zasadność planowanych implementacji uwzględniając potencjalne bariery implementacyjne, do których zalicza się: wysokie koszty implementacji²¹, opór społeczny²², brak wykwalifikowanej kadry²³, bariery techniczne, ryzyko cyberataków, niewystarczająca jakość danych²⁴. Wdrożenie koncepcji Przemysłu 5.0 może przynieść przedsiębiorstwu liczne korzyści z synergii relacji człowiek-maszyna-środowisko zanim jednak będzie to możliwe koniecznym jest zmierzenie się z ograniczeniami mogącymi wpływać na skuteczność implementacji nowych rozwiązań.

Wśród technologii wspierających realizację procesów magazynowania umożliwiających realizację koncepcji czwartej oraz piątej rewolucji

13 N. Jefroy, M. Azarian, H. Yu, *Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics*, "Logistics", 2022, vol. 6, no. 2, s. 13.

14 *Ibidem*, s. 15.

15 B. Andres, M. Diaz-Madronero, A.L. Soares, R. Poler, *Enablign Technologies to Support Supply Chain Logistics 5.0*, IEEE 2024, s.1.

16 F.F. Guilherme, *op. cit.*, s. 3.

17 *Ibidem*, s. 13.

18 N. Jefroy, *op. cit.*, s. 15.

19 *Ibidem*, s. 16.

20 M. Breque, L. De Nul, *Industry 5.0 Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Athanasios Petridis, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021 s.14-28.

21 L.N. Tikwayo, *op. cit.*, s. 10-12.

22 A. Gudanowska, A. Kononiuk, J. Siderska, K. Dębkowska: *Uwarunkowania ucyfrowienia procesów produkcji i wzrostu kompetencji cyfrowych społeczeństwa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2020 s. 26-27.

23 L.N. Tikwayo, *op. cit.*, s. 10-12.

24 *Ibidem*, s. 10-12.

przemysłowej wyróżnia się: *WMS, RFID, IoT, AMR, Block Chain, Big Data, AR, CPS, AI* oraz *VR* umożliwiających projektowanie oraz implementację rozwiązań do realnych procesów magazynowych infrastruktury takiej jak:

- system *Pallet Shuttle* będący przykładem automatyzacji transportu wewnętrznego do składowania akumulacyjnego, którego bazę stanowią wózki elektryczne współpracujące z układnicami lub wózkami wahadłowymi wspomagając operacje załadunku oraz rozładunku regałów magazynowych²⁵;
- system *EMS* wykorzystujący samojezdne wózki poruszające się w ściśle określonym obiegu ograniczonym układem szyn²⁶;
- w pełni zautomatyzowane układnice przeznaczone do pobierania oraz odkładania jednostek ładunkowych w przestrzeni magazynowej przemieszczające się wzdłuż korytarzy roboczych ściśle przypisanych lokalizacji każdej z układnic²⁷;
- roboty *AMR* będące środkiem transportu samodzielnie wyznaczającymi trasy na podstawie wirtualnych map otoczenia, omijającymi przeszkody dzięki systemom czujników będąc wspieranymi sztuczną inteligencją bez konieczności udziału operatora w procesie realizacji transportu²⁸;
- roboty *AGV* realizujące transport po wyznaczonych trasach opartych o systemy nawigacji z wykorzystaniem systemów wizyjnych i znaczników²⁹;
- regały windowe stanowiące konstrukcje maksymalizujące wykorzystanie wysokości przestrzeni magazynowej dostarczające towar bezpośrednio do człowieka³⁰;
- regały karuzelowe automatyzujące system składowania w pionowej konstrukcji maksymalizujące wykorzystanie wysokości przestrzeni magazynowej³¹;

25 Mecalux.pl, <https://www.mecalux.pl/automatyzacja-magazynu/automatyczny-pallet-shuttle> (dostęp: 21.01.2025).

26 Mecalux.pl, <https://www.mecalux.pl/automatyzacja-magazynu/elektryczne-systemy-jednoszynowe-ems> (dostęp: 21.01.2025).

27 Mecalux.pl, <https://www.mecalux.pl/automatyzacja-magazynu/ukladnica> (dostęp: 21.01.2025).

28 Mecalux.pl, <https://www.mecalux.pl/automatyzacja-magazynu/amr-automatyczne-roboty-mobilne> (dostęp: 21.01.2025).

29 Lodamaster.com, <https://www.lodamaster.com/pl/rozwiwania/mobilne-roboty-agv> (dostęp: 21.01.2025).

30 Promag.pl, <https://promag.pl/produkty/systemy-skladowania/automatyczne-systemy-skladowania/regaly-windowe/> (dostęp: 21.01.2025).

31 Promag.pl, <https://promag.pl/produkty/systemy-skladowania/automatyczne-systemy-skladowania/regaly-karuzelowe/> (dostęp: 21.01.2025).

- roboty przemysłowe dostosowywane na etapie projektowania bezpośrednio do zapotrzebowania przedsiębiorstwa wykonujące ruch w ściśle określonej przestrzeni, umożliwiając manipulacje takie jak chwyt, obrót itp.³².

Powyżej opisane rozwiązania łączą ze sobą integrację elementów infrastruktury z nowoczesnymi systemami umożliwiając realizację operacji magazynowych. Rozwój nowoczesnych technologii z zakresu Przemysłu 4.0. oraz 5.0. umożliwił poszerzenie funkcjonalności systemów WMS oraz ERP zwiększając precyzję kontroli zapasów oraz realną efektywność operacji magazynowych.

2. Analiza funkcjonowania przedsiębiorstwa

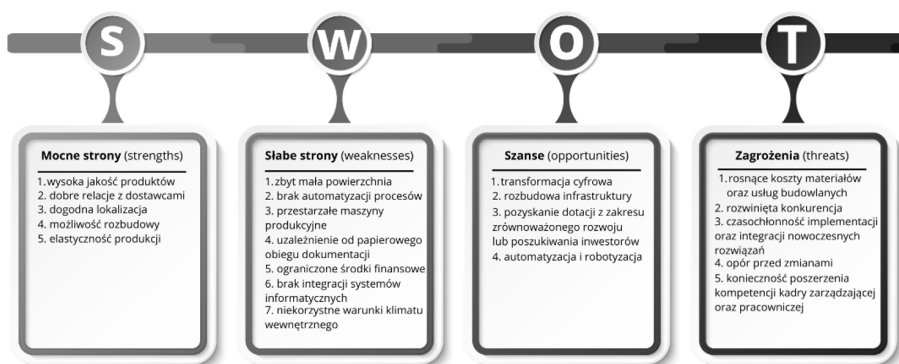
Analizowane przedsiębiorstwo rozpoczęło działalność produkcyjną w 2018 roku specjalizując się w produkcji karmy dla zwierząt domowych na zamówienie. Organizacja posiada płaską strukturę organizacyjną obejmującą jednoosobowy zarząd, kierownictwo podmiotu, działu produkcji, logistyki, sprzedaży oraz utrzymania ruchu zatrudniając łącznie 70-ciu pracowników w systemie trzymianowym. Infrastruktura przedsiębiorstwa obejmuje 3050 m² w ramach której wyznaczone zostały strefy: administracyjna, produkcyjna oraz magazynowa. Przedsiębiorstwo boryka się z ograniczoną przestrzenią magazynową, korzystając tymczasowo z outsourcingu dodatkowej przestrzeni do czasu rozbudowy własnej infrastruktury planowanej na 2026 rok.

Zapasy analizowanego przedsiębiorstwa zostały podzielone na trzy kategorie: ZSU, ZOP oraz WRB ze względu na zróżnicowane warunki przechowywania oraz brak możliwości unifikacji jednostek ładunkowych. Zapasy ZSU stanowią surowce wykorzystywane do produkcji przechowywane w chłodni lub mroźni, składowane na paletach EURO lub H1. ZOP stanowią opakowania składowane na paletach przemysłowych dla opakowań jednostkowych, oraz w paczkach dla etykiet wyrobu gotowego. Natomiast zapasy WRB stanowią wyrób gotowy formowany na paletach EURO. Proces magazynowania analizowanego przedsiębiorstwa składa się z operacji rozdzielonych pomiędzy trzy grupy zapasów charakteryzując się niewielkim stopniem automatyzacji. Większość operacji magazynowych wymaga manualnej ingerencji pracowników magazynowych wystawionych na uciążliwe warunki pracy takie jak różnica temperatur oraz wilgotność.

W analizie SWOT badanego przedsiębiorstwa (rysunek 1) wykazano, że wśród mocnych stron przedsiębiorstwa wyróżnia się: wysoką jakość wyrobów gotowych, dobre relacje z dostawcami, korzystną lokalizację, możliwość

32 Promag.pl, <https://przenosniki-promag.pl/roboty-przemyslowne.html> (dostęp: 21.01.2025).

rozbudowy infrastruktury oraz elastyczność procesów produkcyjnych i magazynowych. Mimo wskazanych atutów, przedsiębiorstwo boryka się ze słabościami takimi jak ograniczona przestrzeń magazynowa zapewniająca możliwość przechowywania wyrobów gotowych w okresie wynoszącym maksymalnie 1,3 dnia produkcyjnego. Niski poziom automatyzacji szczególnie podczas operacji magazynowych stanowi barierę znacznie obniżającą konkurencyjność przedsiębiorstwa na rynku. Dodatkowo brak pełnej integracji pomiędzy systemem *ERP* a realnymi operacjami prowadzi do rozbieżności w danych, zakłóceń w planowaniu produkcji oraz wydłużenia czasu realizacji procesów.



Rysunek 1. Analiza SWOT badanego przedsiębiorstwa

Źródło: Opracowanie własne.

Planowana rozbudowa infrastruktury magazynowej umożliwi implementację rozwiązań automatyzujących procesy wraz z pełną integracją funkcjonującego w przedsiębiorstwie systemu *ERP*. Poglębiając analizę przedsiębiorstwa w toku jego codziennej pracy dokonano identyfikacji i oceny ryzyka operacyjnego realizowanych procesów uwzględniając cztery kluczowe obszary funkcjonowania: zaopatrzenie, produkcję, magazynowanie oraz sprzedaż (rysunek 2) w celu wskazania czynników ryzyka wpływających na efektywność operacyjną oraz opracowania propozycji rozwiązań usprawniających operacje magazynowe. Wyniki analizy ryzyka przedstawiono w formie mapy ryzyka (rysunek 3).

Lp.	Czynnik ryzyka	Prawdopodobieństwo					Skutek				
		Niewielkie <1%	Małe 1-20%	Średnie 21-40%	Wysokie 41-60%	B. Wysokie >61%	Minimalny	Niewielki	Średni	Duży	Ekstremalny
Zaopatrzenie											
1Z	Brak aktualnych informacji o zapotrzebowaniu na surowiec			X						X	
2Z	Niedostępność surowców sezonowych			X				X			
3Z	Błędy wywołane ręcznym zarządzaniem zamówieniami		X					X			
4Z	Brak dostępności usług transportowych dla kat.3	X									X
5Z	Pomyłki w rozmiarze zamówionych opakowań		X								X
6Z	Zależność od dostawców niszowych surowców			X					X		
7Z	Opóźnienia w dokumentacji między podmiotami		X				X				
8Z	Nieprzestrzeganie standardów HACCAP przez dostawców	X							X		
9Z	Niewydajne planowanie zamówień		X							X	
Produkcja											
1P	Awarie spowodowane przestarzałym parkiem maszynowym				X			X			
2P	Zanieczyszczenia krzyżowe wyrobów gotowych			X				X			
3P	Błędy w realizacji receptur		X						X		
4P	Pomyłki w identyfikacji surowca/ wyrobu gotowego		X						X		
5P	Zaniki zasilania			X						X	
6P	Różnice w parametrach wyrobu gotowego a etykiety		X					X			
7P	Nagła konieczność zmiany planu produkcji			X				X			
8P	Błędny proces sterylizacji		X							X	
9P	Nieszczelności zaledek opakowań wyrobu gotowego			X							X
Magazynowanie											
1M	Pomyłki ewidencji wyrobów gotowych		X						X		
2M	Brak przestrzeni magazynowej na nowe wyroby gotowe			X						X	
3M	Uszkodzenia paletowej jednostki ładunkowej		X				X				
4M	Pomyłki przy wydaniu etykiet wyrobów gotowych			X					X		
5M	Nieodpowiednie warunki prowadzące do korozji opakowań			X						X	
6M	Brak przepływu informacji o planowanych załadunkach			X						X	
7M	Brak odpowiednich zabezpieczeń przed gryzoniami		X					X			
8M	Problemy z rotacją zapasów	X						X			
9M	Nieobecności pracowników związane z warunkami pracy			X						X	
Sprzedaż											
1S	Błędy w przyjmowaniu zamówień		X							X	
2S	Błędne wyliczenie oferty sprzedaży		X						X		
3S	Brak nowych klientów			X						X	
4S	Pomyłki w kwestiach rozliczeniowych		X							X	
5S	Błędne szacowanie terminów realizacji zamówień			X				X			
6S	Brak możliwości rozwoju produktów		X					X			
7S	Brak informacji od produkcji o stanie realizacji zamówień		X							X	
8S	Natrafienie na nieuczciwych klientów			X						X	
9S	Zmienność już zarejestrowanych zamówień	X							X		

Rysunek 2. Charakterystyka czynników ryzyka

Źródło: Opracowanie własne.

Prawdopodobieństwo	Skutek				
	Ekstremalny	Duży	Średni	Niewielki	Minimalny
Bardzo wysokie	0	0	1	0	0
Wysokie	1	4	3	0	0
Średnie	0	6	3	0	0
Małe	1	7	4	3	0
Niewielkie	1	0	1	1	0

Prawdopodobieństwo	Skutek				
	Ekstremalny	Duży	Średni	Niewielki	Minimalny
Bardzo wysokie	X	X	1P ₁	X	X
Wysokie	9P	1Z, 6Z, 2M, 5M	2Z, 2P, 5S	X	X
Średnie	X	9Z, 5P, 6M, 9M, 3S, 8S	3Z, 7P, 4M,	X	X
Małe	5Z	8Z, 3P, 4P, 8P, 1S, 4S, 7S	6P, 1M, 2S, 6S	7Z, 3M, 7M,	X
Niewielkie	4Z	X	9S	8M	X

Rysunek 3. Mapa ryzyka

Źródło: Opracowanie własne.

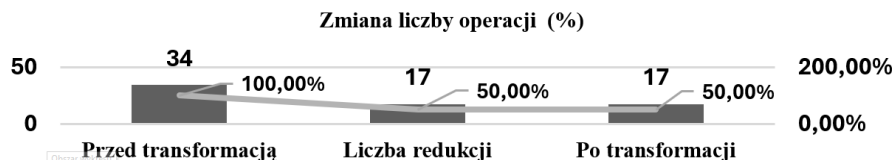
Przeprowadzona analiza wykazała, że aż 69,44% (25 z 36) zidentyfikowanych czynników ryzyka może mieć duży wpływ na działalność przedsiębiorstwa. Najmniejszy udział wynoszący 13,88% (5 czynników) stanowią ryzyka sklasyfikowane w grupie o niskim wpływie (grupa C). Zidentyfikowane ryzyka wynikają przede wszystkim z braku wdrożenia transformacji cyfrowej oraz problemów komunikacyjnych. Proces magazynowania obciążony jest licznymi ograniczeniami sumarycznie wpływając na pogorszenie warunków składowania, jakości opakowań oraz uszkodzeń wyrobów gotowych.

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują konieczność opracowania strategii ograniczającej ryzyka krytyczne poddając hierarchizacji działania w zakresach: wdrożenia pełnej transformacji cyfrowej, modernizacji parku maszynowego, rozbudowy infrastruktury magazynowej, usprawnienia przepływu informacji i integracji systemów zarządzania, wdrożenia nowoczesnych narzędzi analityczno-marketingowych. Podjęcie działań w wymienionych zakresach zwiększy możliwości operacyjne przedsiębiorstwa.

3. Propozycja rozwiązań technologicznych dla badanego podmiotu

Wśród technologii przeznaczonych do składowania zapasów zaproponowano implementację: regału windowego dla opakowań, wagi platformowej z systemem ważeń, automatycznych systemów składowania zaopatrzonego w czujniki oraz roboty AMR dostosowanych do jednostek ładunkowych typu H1 oraz EURO, regału karuzelowego, półautomatycznej owijarki do paletowych jednostek ładunkowych oraz regały magazynowe wysokiego składowania.

Implementacja wymienionych rozwiązań technologicznych potencjalnie umożliwi osiągnięcie różnic w liczbie operacji o 50,00% (rysunek 4) oraz czasie ich realizacji o 68,38% (rysunek 5).



Rysunek 4. Zmiana liczby operacji w procesie magazynowania przed i po transformacji

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 5. Zmiana czasu realizacji operacji w procesie magazynowania przed i po transformacji

Źródło: Opracowanie własne.

Nie mniej jednak przed wdrożeniem proponowanych technologii badane przedsiębiorstwo powinno dokonać oceny kosztów, stopy zwrotu z inwestycji oraz ryzyka związanego z implementacją.

Podsumowanie

Na podstawie literatury, analizy SWOT oraz analizy ryzyka badanego przedsiębiorstwa sformułowano wnioski dotyczące wpływu koncepcji Przemysłu 5.0 na proces magazynowania:

- implementacja technologii Przemysłu 5.0 zwiększa efektywność operacyjną oraz elastyczność przedsiębiorstwa przy jednoczesnej poprawie warunków pracy i minimalizacji wpływu jego działalności na środowisko;
- Przemysł 5.0 stanowi rozszerzenie koncepcji Przemysłu 4.0 o współpracę w relacji człowiek-maszyna-zrównoważony rozwój;
- Zidentyfikowane ryzyka stanowi impuls do zmian poprzez zrozumienie istotności zagrożeń płynących z braku nowoczesnej infrastruktury, auto-

matyzacji procesów oraz wadliwej komunikacji;

- rozwiązania takie jak: AMR, regały karuzelowe i windowe oraz automatyczne układnice mogą znacząco zminimalizować czas realizacji oraz liczbę operacji procesu magazynowania.

Wdrożenie rozwiązań z zakresu piątej rewolucji przemysłowej w analizowanym przedsiębiorstwie stanowi realną szansę na poprawę sytuacji i rozwój podmiotu. Nie mniej kluczowym wyzwaniem pozostaje odpowiednie przygotowanie przedsiębiorstwa warunkujące skuteczność i trwałość planowanych transformacji. Przeprowadzona analiza jest wstępnym etapem w procesie doskonalenia realizacji zadań logistycznych i produkcyjnych w badanym przedsiębiorstwie.

Bibliografia

- Andres B., Diaz-Madronero M., Soares A.L., Poler R., *Enablnig Technologies to Support Supply Chain Logistics 5.0*, IEEE 2024.
- Azarian M., Yu H., Solvang W.D., Shu B., *An Introduction of the Role of Virtual Technologies and Digital Twin in Industry 4.0*, In *International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*; Lecture Notes in Electrical Engineering Springer, Singapore 2020.
- Breque M., De Nul L., *Industry 5.0 Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Athanasios Petridis, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021.
- Gudanowska A., Kononiuk A., Siderska J., Dębkowska K., *Uwarunkowania ucyfrowienia procesów produkcji i wzrostu kompetencji cyfrowych społeczeństwa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2020.
- Guilherme F.F., *From Supply Chain 4.0 to Supply Chain 5.0: Findings from a Systematic Literature Review and Research Directions*, "Logistics", 2022, vol. 5, no. 3.
- Javaid M., Haleem A., *Critical components of industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing*, "J. Ind. Integr. Manag" 2020.
- Jefroy N., Azarian M., Yu H., *Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics*, "Logistics", 2022, vol. 6, no. 2.
- Liu X., Cao J., Yang Y., Jiang S., *CPS-Based Smart Warehouse for Industry 4.0: A Survey of the Underlying Technologies*, Computers 2018.
- Lodamaster.com, <https://www.lodamaster.com/pl/rozwiazania/mobilne-roboty-agv>.
- Mecalux.pl, <https://www.mecalux.pl/automatyzacja-magazynu/ukladnica>.
- Musiał W., Witek J., *Proposal for an expert system to AID decision-making in the design and management of flexible manufacturing systems*, Silesian University of Technology Publishing House, 2023.
- Nagyova A., Kotianova Z., Glatz J., Sinay J., *Human Failures on Production Line as a Source of Risk of Non conformity Occurrence*, International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2020.

Parikh H., Saijwal I., Panchal N., Sharma A., *Autonomous Mobile Robot for Inventory Management in Retail Industry*, In *Futuristic Trends in Networks and Computing Technologies*, Proceedings of the Fourth International Conference on FTNCT, Singapore 2022.

Promag.pl, <https://promag.pl/>.

Tikwayo L.N, Mathaba T.N., *Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic: A Literature Review*, „Logistics”, 2023, vol. 7, no. 2.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano badanie na podstawie literatury realizacji koncepcji Przemysłu 5.0 dotyczącej infrastruktury logistycznej wykorzystywanej w procesach magazynowania. Przedstawiono analizę funkcjonowania wybranego przedsiębiorstwa wraz z identyfikacją wyzwań oraz potencjalnych korzyści wynikających z wdrożenia nowoczesnych technologii Przemysłu 4.0 oraz 5.0. W oparciu o wykonane analizy zaprezentowana została propozycja wdrożeń zgodnych z omawianą koncepcją mająca na celu wzrost efektywności, elastyczności, stopnia automatyzacji oraz poprawy warunków pracy w badanym procesie magazynowania dla przedsiębiorstwa produkcyjnego.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0., Przemysł 5.0., magazynowanie

ASPECTS OF THE FOURTH AND FIFTH INDUSTRIAL REVOLUTION IN THE LOGISTICS OF THE WAREHOUSING PROCESS BASED ON THE FUNCTIONING OF A SELECTED MANUFACTURING ENTERPRISE

Summary

The article presents a literature-based study on the implementation of the Industry 5.0 concept, focusing primarily on the logistics infrastructure used in warehousing processes. It also includes an analysis of the functioning of a selected enterprise, identifying both challenges and potential benefits resulting from the implementation of modern Industry 4.0 and 5.0 technologies. Based on the conducted analyses, a proposal for implementations aligned with the discussed concept is presented, aimed at increasing efficiency, flexibility, the level of automation, and improving working conditions in the examined warehousing process of the manufacturing enterprise.

Keywords: Industry 4.0., Industry 5.0., Warehousing