

dr hab. inż. Bożena Gajdzik

E-mail: bozena.gajdzik@polsl.pl; nr ORCID: 0000-0002-0408-1691
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii

Struktura łańcucha dostaw w logistyce 4.0 w przemyśle stalowym

The structure of supply chain in logistics 4.0 in steel industry

Od kilku już lat wzrasta zainteresowanie logistyką 4.0, która jest formą odpowiedzi podmiotów gospodarczych na zmiany w przemyśle na poziomie czwartej rewolucji przemysłowej. Przemysł 4.0, bo tak określany jest rozwój przemysłu w ramach czwartej rewolucji przemysłowej, tworzą przedsiębiorstwa, które utworzyły linie produkcyjne stanowiące połączenie mobilnej automatyzacji i systemów informatycznych sterowania procesami. Rozwój przedsiębiorstw nowej generacji i ich współpraca z podmiotami obsługi logistycznej dały początek nowym strukturalom łańcuchów dostaw. W niniejszej publikacji przedstawiono ogólne założenia konstruowania struktury łańcucha dostaw na poziomie rozwoju przemysłu 4.0 oraz przykład ewolucji struktury łańcucha dostaw w przemyśle stalowym. Przemysł stalowy w Polsce, tak jak i inne gałęzie przemysłu, które chcą być konkurencyjne, doskonalą się, by sprostać wyzwaniom nowoczesnego przemysłu 4.0. Praca ma charakter teoretyczno-praktyczny i jest połączeniem studium literatury i analizy typu *case study*.

Słowa kluczowe:

łańcuch dostaw, logistyka 4.0, przemysł 4.0

For several years, there has been an increasing interest in logistics 4.0, which is a form of response of enterprises, to changes in industry at the level of the fourth industrial revolution. Industry 4.0, such we call changes in the fourth industrial revolution, create enterprises that have created production lines that are a combination of mobile automation and process control information systems. The development of new generation manufacturing enterprises and their cooperation with logistic enterprises — gave rise to a new structure of supply chains. This publication presents the general assumptions of constructing the structure of supply chain at the level of industrial development 4.0 and an example of the evolution of the structure of supply chain in the steel industry. The steel industry in Poland, like other industries that want to be competitive, is changing to be a part of modern industry 4.0. The paper consists of a theoretical and practical part. The paper is combination of a study of literature and case study analysis.

Key words:

supply chain, logistics 4.0, industry 4.0

Wprowadzenie

W warunkach gospodarki rynkowej istotne znaczenie ma budowanie przewagi konkurencyjnej. Aby zapewnić sukces rynkowy, przedsiębiorstwa budują pozycję konkurencyjną, inwestując w innowacyjne technologie, akceptowalne na danym poziomie rozwoju gospodarczego. Po 2010 r. pojawiły się coraz śmielsze pomysły budowania przewagi konkurencyjnej z wykorzystaniem cyberfizycznych linii produkcyjnych, będących jednymi z ważniejszych elementów przemysłu 4.0. Koncepcja przemysłu 4.0 narodziła się w Niemczech w 2011 r. na poziomie narodowego planowania strategicznego. Polityka gospodarcza tego kraju została ukierunkowana na: zwiększenie udziału robotów i manipulatorów przemysłowych w wytwarzaniu wyrobów oraz Internetu w sterowaniu urzą-

dzeniami i komunikowaniu się, a także na zintegrowanie wszystkich procesów wewnątrz struktur smart (Smart Factory) i poza nimi, tworzących łańcuch dostaw, z wykorzystaniem nowoczesnych rozwiązań cybernetycznych i ogólnej dostępności danych do spersonalizowanej obsługi klienta (Schwab, 2016 Jasperneite, 2012; Piątek, 2017). Przemysł 4.0 jest hybrydowym rozwiązaniem implementacji innowacji technologicznych i komunikowania się. Jego istota, w dużym uproszczeniu, opiera się na łączeniu świata wirtualnego z rzeczywistym poprzez integrację ludzi ze sterowanymi cyfrowo urządzeniami.

Klaus Schwab w książce pt. *The Fourth Industrial Revolution* (2016) opisuje zmiany mające miejsce w XXI w. jako: „techniki i zasady funkcjonowania organizacji łańcucha wartości łącznie stosujących lub używających systemów cyber-fizycznych, internetu

rzeczy (Internet of Things — IoT) i przetwarzania chmurowego danych (Cloud Computing)”. Wymienione rozwiązania stosowane są w: przemyśle, handlu, logistyce i usługach (Jäger, Schöllhammer, Lickefett, Bauernhansl, 2016, s. 116–121; Szymańska, Adamczak, Cyplik, 2017, s. 299–310).

Innowacyjna logistyka, powstająca na poziomie czwartej rewolucji przemysłowej, określana logistyką 4.0, wykorzystuje m.in. takie rozwiązania, jak: Big Data (szeroki dostęp do danych), Internet of Things — IoT (Internet rzeczy), Cloud Logistics (chmura logistyczna), Autonomous Logistics (autonomiczna logistyka), 3D Printing (druk 3D), Robotics & Automation (roboty i automatyzacja), Low-Cost Sensor Technology (niskokosztowe sensory technologiczne), Real Time Data (dane czasu rzeczywistego), Cyber-Intelligent Transport System C-ITS (cyber-inteligentne systemy transportowe), Omnichannel (Magruk, 2016, s. 15–24; Ehrhardt Partner Group, 2016).

Komponentami logistyki 4.0 są inteligentne (cyfrowe) łańcuchy dostaw (Smart Chain Supply) z różnymi innowacyjnymi rozwiązaniami na etapie poszczególnych procesów: zaopatrzenia, dostaw i sprzedaży. Nowoczesne łańcuchy dostaw budowane są z wykorzystaniem technologii oprogramowania komputerowego systemów zarządzania i internetowej komunikacji oraz inteligentnego świata usług (Timm, Lorig, 2015b, s. 3118–3119). Cyfryzacja prowadzi do wzrostu liczby dostawców 4PL (Four Party Logistics) (Person, 1991). Podmioty logistyczne przejmują od producentów wszystkie procesy dystrybucji, a także negocjacje cenowe czy ubezpieczenia produktów. „Technologie i wartość w nowej logistyce i cyfrowym zarządzaniu łańcuchem dostaw (Smart Chain Management — SCM) zapewniają: elastyczność, szybkość i jakość obsługi klienta na miarę XXI wieku” (Szymańska, Adamczak, Cyplik, 2017, s. 299–310). Połączenie rozwiązań technologicznych i sieciowych pozwala na budowanie takiego poziomu integracji (współpracy) łańcucha, która pozwoli na skrócenie czasu wprowadzania nowych produktów na rynek (Time-To-Market) i personalizację zamówień, a także skrócenie czasu obsługi klienta i zwiększenie dostępności usług logistycznych (Bujak, 2017, s. 1338–1344).

Łańcuch dostaw nie może być analizowany w oderwaniu od kontekstu otoczenia, w którym funkcjonują producenci, dostawcy, dystrybutorzy i odbiorcy. Wzajemne powiązania w nowych uwarunkowaniach, przy wykorzystaniu Internetu i najnowszej technologii, na poziomie interfejsów, nowych osiągnięć w sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, lepszych dronów, cobotów, inteligentnych pojemników itp. (lista jest długa) tworzą nowe struktury łańcuchów dostaw w poszczególnych branżach przemysłu.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie założeń konstruowania struktury łańcuchów dostaw

w kontekście logistyki 4.0 wraz z podaniem przykładu ewolucji łańcucha dostaw w przemyśle stalowym na rynku krajowym.

Łańcuch dostaw w przemyśle 4.0 — ogólne informacje

Produkcja jest podstawowym procesem wewnątrz przedsiębiorstw, a operacje wytwarzania stanowią jedną z ważniejszych części gospodarki. Proces produkcyjny w przemyśle 4.0 odbywa się w inteligentnej fabryce (Smart Factory). Produkcyjne systemy cyberfizyczne (Cyber-Physical Production System — CPPS) tworzą przemysłową sieć podmiotów wytwarzających spersonalizowane produkty. Poszczególne inteligentne fabryki mają dostęp do fizycznych surowców, materiałów i innych zasobów na wejściu do systemu produkcyjnego. Przemysłowa sieć podmiotów ma dostęp do globalnych baz danych (Big Data), a operatorzy urządzeń i inni użytkownicy w sieci mają dostęp do systemów komunikowania się oraz systemów nadzoru i kontroli urządzeń i przebiegu czynności procesu (Bentyn, 2017, s. 1317–1321). Podstawą koncepcji przemysłu 4.0 są tendencje związane z rozwojem technologicznym i sieciowością. Na rys. 1 przedstawiono podstawowe układy (komponenty) składające się na system przemysłu 4.0.

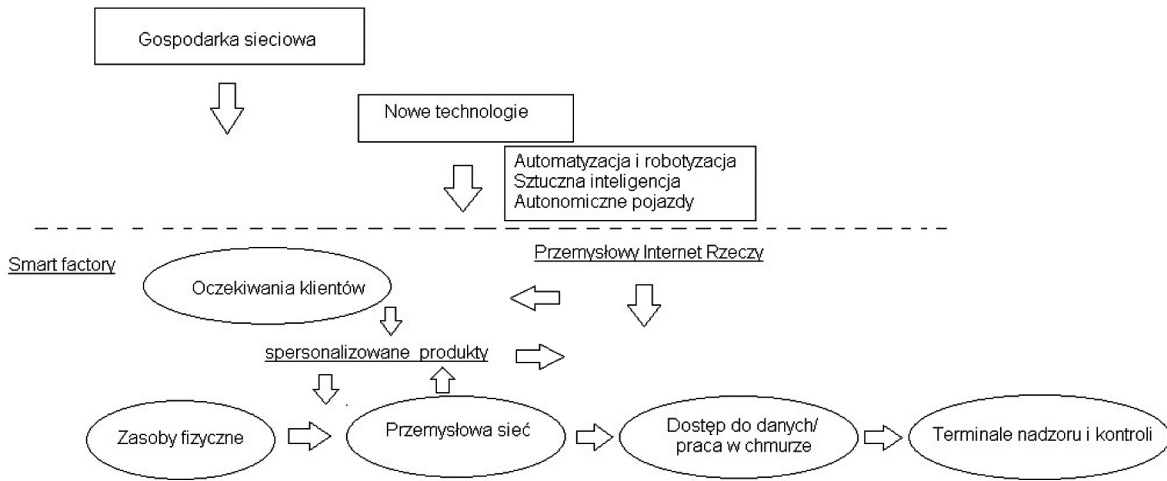
Inteligentne fabryki współpracują z dostawcami, dystrybutorami, lecz forma współpracy zmienia się — polega na przełamywaniu barier w kontakcie poprzez budowanie układów nieograniczonej integracji z wykorzystaniem możliwości:

- przemysłowego Internetu rzeczy (Industrial Internet of Things — IIoT) — czyli możliwości globalnego działania firmy, wygodnego dostępu do potrzebnych danych oraz zdalnej kontroli nad przebiegiem procesu;
- robotyzacji i wdrożenia architektury opartej na systemie cyberfizycznym w układach autonomicznych systemów wytwarzania — tworzeniu „inteligentnych” fabryk, które autonomicznie organizują proces produkcji i elastycznie reagują na nowe oczekiwania klientów.

Tradycyjny układ łańcucha dostaw (rys. 2), przedstawiany jako układ wartości przedsiębiorstw współpracujących ze sobą, czyli Porterowski (Porter, 1985, s. 35) system wartości będący podstawą biznesu (architekturą biznesu) (Trocki, 2002, s. 47), ulega zmianom po wkroczeniu na ścieżkę łączenia świata wirtualnego z rzeczywistym. Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT) odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Dzięki IoT przedsiębiorstwa mogą nadzorować każdy produkt w czasie rzeczywistym i zarządzać nim. Przedsiębiorstwa nadzorują obieg produktów w łańcuchu dostaw i przepływ informacji

Rysunek 1. Podstawowe układy systemu przemysłu 4.0 — komponenty inteligentnych fabryk

Trendy i kierunki zmian



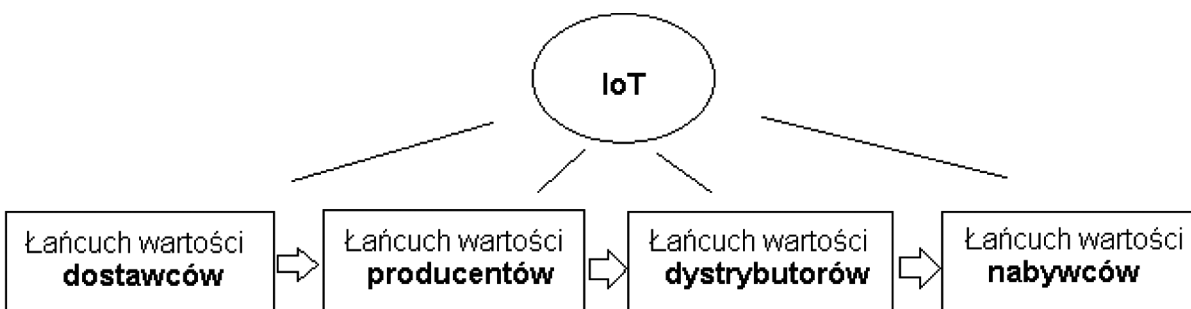
Źródło: opracowanie własne na podstawie Pfohl, 2016.

oraz analizują dane generowane z każdej procedury, wykonanej analizy i prognozy. Dane pochodzą z otoczenia zewnętrznego i wewnętrznego uczestników łańcucha, np. GPS, czujników i kontrolerów urządzeń, systemów produkcyjnych przedsiębiorstw, takich jak: ERP, MES. Uczestnicy łańcucha dostaw wykorzystują cyber-fizyczne systemy (Cyber-Physical System — CPS) monitorujące i kontrolujące procesy fizyczne. W celu identyfikacji, wykrywania i lokalizacji przedmiotu oraz wysyłania danych do komputera, który może je gromadzić i analizować, stosowana jest m.in. technika, która wykorzystuje fale radiowe do przesyłania danych oraz zasilania elektronicznego układu (etykieta RFID) stanowiącego etykietę obiektu przez czytnik, w celu identyfikacji obiektu Radio-Frequency Identification — RFID. Systemy CP są w stanie komunikować się z innymi systemami lub z ludźmi używającymi Internetu jako środka komunikacji, udostępniając dane w czasie rzeczywistym

i kontrolując procesy (Hermann, Pentek, Otto, 2015).

W łańcuchu dostaw nowej generacji wszystkie działania są zautomatyzowane przy autonomicznym przepływie aktywów, towarów i informacji między ogniwami łańcucha dostaw oraz różnymi pośrednikami i uczestnikami rynku. Kiedy postrzega się logistykę jako przepływ produktów od punktu A do Z, należy w zmodyfikowanym łańcuchu dostaw wyeksponować znaczenie transportu wyrobów do inteligentnych półek, inteligentnych kontenerów, inteligentnych magazynów, inteligentnych portów i wymiany informacji między uczestnikami łańcucha. Główną rewolucją jest Blockchain w układzie: transport, inteligentne porty, transgraniczna żegluga morska, handel detaliczny itd. Generowanie wartości w logistyce 4.0 możliwe jest z każdego miejsca na świecie. Dzięki inteligentnym magazynom (bezzałogowym), z inteligentnymi kontenerami, pojemnikami i urządze-

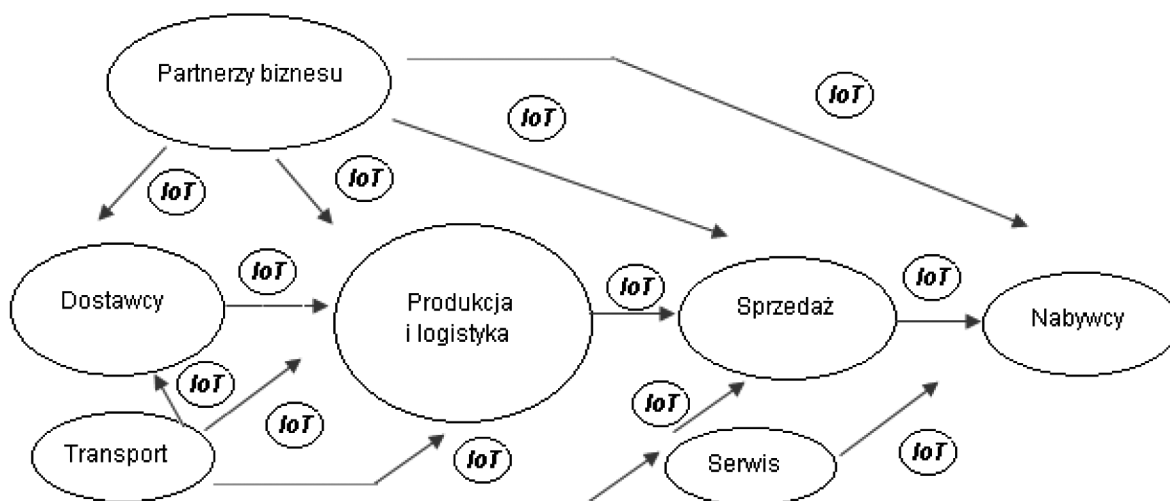
Rysunek 2. Porterowski system wartości w układzie łańcucha dostaw w przemyśle 4.0



Źródło: opracowano na podstawie Porter, 1985, s. 35, z własnymi modyfikacjami.

Rysunek 3

Łańcuch dostaw w układzie sieciowych powiązań z wykorzystaniem IoT



Źródło: Schoenthaler, Augenstein, Karle, 2016, z własnymi modyfikacjami.

niami transportowymi intralogistyka wchodzi w interakcję z inteligentną produkcją, tworząc układ: Manufacturing & Intra-Logistics, który funkcjonuje w sieci powiązań z różnymi uczestnikami rynku w oparciu o IoT (rys. 3).

Łańcuch dostaw, jego układ i forma powiązań między jego uczestnikami, będzie się zmieniał w zależności od rzeczywistych uwarunkowań gospodarczych i rozwoju technologii. Określany jest on mianem łańcucha inteligentnego, zwinnego elastycznego (smart chain), a zatem umiejącego sprostać potrzebom światów wirtualnego i rzeczywistego.

Ewolucja łańcucha dostaw w przemyśle stalowym w kierunku logistyki 4.0

Wyroby stalowe znajdują zastosowanie w całej gospodarce, a zwłaszcza w przemyśle maszynowym, budownictwie i transporcie. W 2017 r. wartość produkcji wyrobów stalowych w Polsce została oszacowana na 24,5 mld zł (Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, 2018) co daje około 2% produkcji całego przemysłu. Przemysł stalowy po 1989 r. przeszedł radykalne zmiany określane jako restrukturyzacja naprawcza, której celem było utworzenie samodzielnych (samodecyzyjnych) przedsiębiorstw (Gajdzik, 2012). Cechą charakterystyczną przemysłu stalowego jest koncentracja produkcji w niewielkiej liczbie dużych zakładów w dwóch regionach (śląski, małopolski), dysponujących bazą infrastrukturalną i dostępem do podstawowych surowców (koks, energii).

Podmioty gospodarcze przemysłu stalowego to duże przedsiębiorstwa hutnicze (megahuty) z pełnym cyklem technologicznym otrzymywania stali z rud żelaza i huty przetwarzające złom.

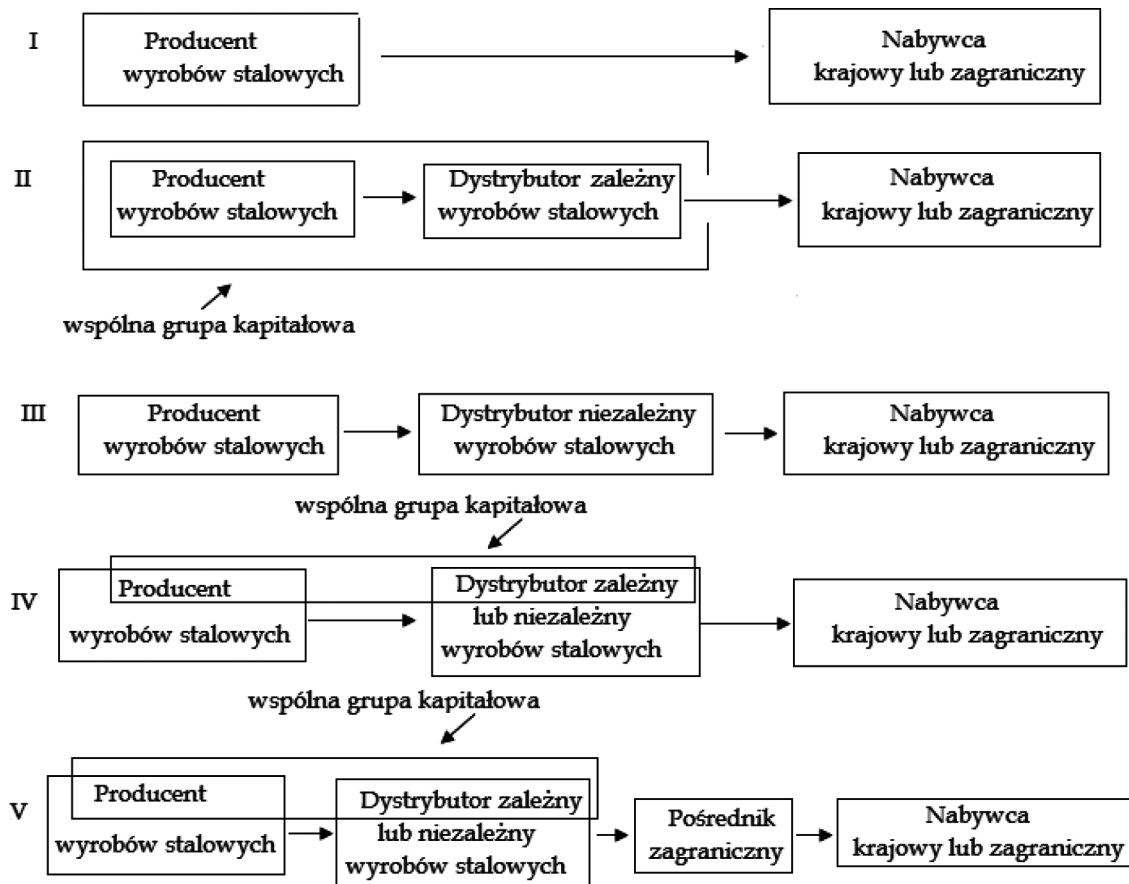
Producenci stali sprzedają wyroby bezpośrednio lub pośrednio nabywcom. Struktura udziału dystrybucji bezpośredniej i pośredniej w sprzedaży wyrobów stalowych zmieniała się na przestrzeni ostatnich dekadach. Pod koniec lat 90. i w latach kolejnych dominowała sprzedaż bezpośrednia wyrobów stalowych, stanowiąc 70% sprzedaży ogółem. Obecnie udział sprzedaży bezpośredniej zmniejszył się na korzyść sprzedaży pośredniej. Szacuje się, że ponad 60% sprzedaży wyrobów stalowych realizują dystrybutorzy zależni (należący do danej grupy kapitałowej w ramach łańcucha dostaw: integracja pionowa i pozioma) i niezależni (spoza grupy kapitałowej). Sprzedaż bezpośrednia realizowana przez producentów wyrobów stanowi około 40%. Wzrost udziału dystrybucji pośredniej w sprzedaży wyrobów stalowych był konsekwencją rozwoju rynku dystrybutorów stali w kraju (Gajdzik, 2014, s. 131–134). W stosunku do trendów światowych i europejskich zmiany w strukturze dystrybucji wyrobów stalowych w kraju były opóźnione o kilkanaście lat. Dystrybucja pośrednia wyrobów stalowych w Europie, już pod koniec pierwszej dekady tego wieku, stanowiła ponad 65% sprzedaży ogółem (Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, 2008, s. 28; Gajdzik, 2008, s. 62–64). Dostawa wyrobów stalowych realizowana jest kolejną i/lub samochodami dostawczymi, przy czym udział transportu kolejowego jest wyższy niż samochodowego w odniesieniu do wyrobów długich (szyn, kształtowników) i stanowi ponad 70% transportu wyrobów ogółem (Gajdzik, Kalamat, Bogdanowicz, 2010, s. 745–749).

Sektor dystrybucji wyrobów stalowych doskonali się, by sprostać wymogom nowoczesnego przemysłu 4.0. W Dąbrowie Górniczej powstał w pełni zautomatyzowany magazyn (centrum magazynowo-serwisowe) wyrobów stalowych (ThyssenKrupp EnergoStal S.A. Oddział w Dąbrowie Górniczej) — dystrybucja kształtowników. Inwestycje w automatyzację procesów magazynowania i sprzedaży wyrobów stalowych realizuje wiele podmiotów sektora dystrybucji (poza przytoczonym Thyssen EnergoStal, także Stalprofil). Producenci i dystrybutorzy wyrobów stalowych inwestują w urządzenia serwisowe umożliwiające np. cięcie, rozcinanie, dziurowanie, gięcie, wyłaczanie, szlifowanie, szrotkowanie materiału i wiele innych operacji, aby klient mógł otrzymać spersonalizowany produkt. Zakup produktów (wyrobów stalowych) z magazynów realizowany jest online (24 h) — za pomocą platformy EasyBusiness. Dystrybucja materiałów stalowych zmienia się w kierunku dostaw materiałów ściśle wyselekcjonowanych, częściowo przetworzonych, przygotowanych pod konkretną budowę (inwestycję). Ładunek samochodów wyjeżdżających ze

składów tworzy kilkadziesiąt pozycji różnych gatunków wyrobów. Inwestor zamawia wyroby stalowe o określonych wymiarach i odpowiednio przygotowane. Działalność centrów serwisowo-magazynowych oszczędza czas, zmniejsza i/lub eliminuje odpady. Procesy realizowane są szybko, a uzyskane wyroby są wysokiej jakości, co przekłada się na wynik ekonomiczny centrów. Nowoczesne składy (centra magazynowo-serwisowe) wyrobów stalowych wyposażone są w sterowane radiowo suwnice, co skróciło czas załadunku. W magazynach i składach rozbudowano systemy komputerowe, tak by w czasie kompletowania i ładowania zamówienia na samochód zostały przygotowane i przesłane potrzebne dokumenty: atesty, faktury.

Struktura łańcucha dostaw w przemyśle stalowym może być przedstawiona w kilku układach, w zależności od liczby uczestników, form współpracy (dystrybucja bezpośrednia lub pośrednia) oraz zasięgu rynku sprzedaży (krajowy lub międzynarodowy). W celach poglądowych poszczególne układy przedstawiono w formie schematów powiązań na rys. 4. Układ I to sprzedaż bezpośrednia wyrobów

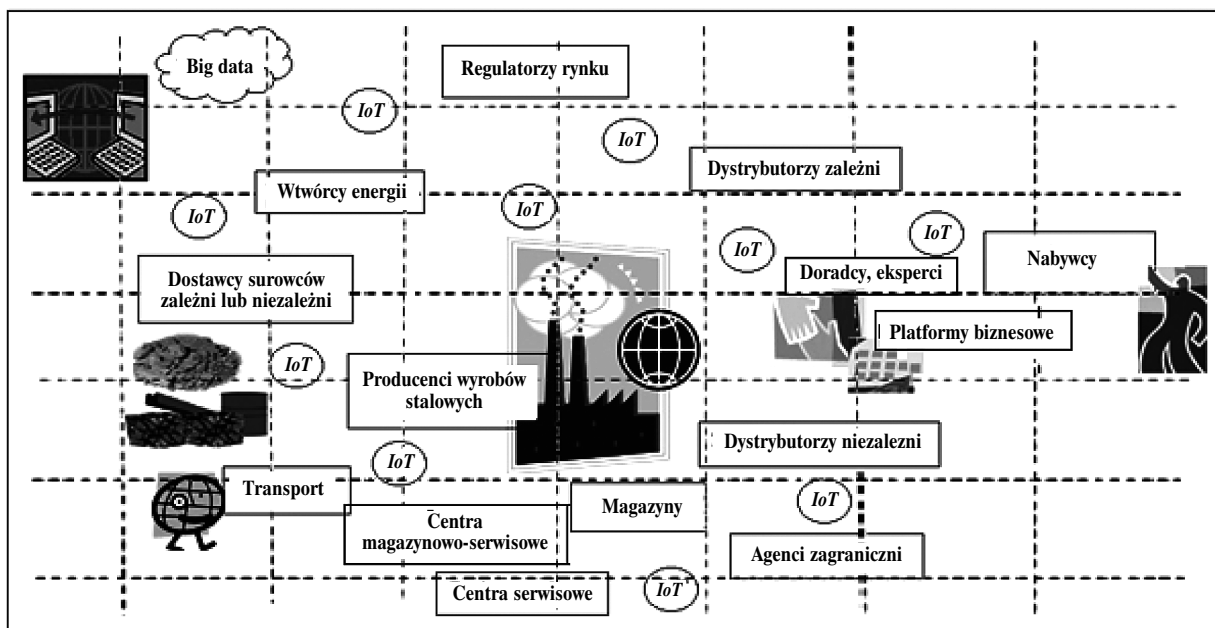
Rysunek 4
Struktura łańcucha dostaw w przemyśle stalowym



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5

Sieciowy układ powiązań uczestników rynku przemysłu stalowego na poziomie 4.0



Źródło: opracowanie własne.

stalowych przez producenta (bezpośrednio z huty) przy użyciu transportu kolejowego lub samochodowego wyrób dociera do nabywcy. Układ II przedstawia sprzedaż wyrobów stalowych przez podmioty gospodarcze zajmujące się dystrybucją wyrobów w ramach tej samej grupy kapitałowej co producenci wyrobów (tzw. dystrybutorzy zależni). Układ III jest formą sprzedaży pośredniej przez zewnętrznych dystrybutorów (dystrybutorzy niezależni). W układach IV i V sprzedaż wyrobów stalowych na rynku międzynarodowym realizowana jest przez międzynarodowe przedsiębiorstwa zajmujące się dystrybucją wyrobów stalowych w obrębie danej grupy kapitałowej lub poza nią, czasami z udziałem agentów zagranicznych, np. sprzedaż wyrobów stalowych na rynek arabski (Musiał, 2010, s. 679–680). W przypadku obsługi rynku międzynarodowego transport wyrobów stalowych jest dywersyfikowany po uwzględnieniu dostępności danej formy transportu (np. transport morski, rzeczny, powietrzny, lądowy). Przemysł stalowy ma stałych dostawców surowców (rudy żelaza, węgiel, koks, energia) ze względu na ograniczoność zasobów naturalnych i pozycję rynkową dostawców (silna pozycja przetargowa dostawców surowców potrzebnych do wyprodukowania stali).

Współczesny łańcuch dostaw, adaptowany do wymogów przemysłu 4.0, ma układ sieciowych powiązań między różnymi uczestnikami rynku. W przemyśle stalowym funkcjonują silne grupy kapitałowe,

które tworzą sieci w ścieżce ekonomicznej. Powiązania w systemie tworzenia wartości traktowane są jako determinanty efektywności. Poszukiwanie efektywności ekonomicznej w warunkach przemysłu 4.0 oznacza z jednej strony tworzenie elastycznych, autonomicznych powiązań, a z drugiej — silne, zależne powiązania kapitałowe. W nowej strukturze, tak jak i dotychczas, funkcjonują łańcuchy wartości podmiotów powiązanych kapitałowo i strategicznie oraz łańcuchy wartości zewnętrznych podmiotów (konceptcja outsourcingu). Na rys. 5 przedstawiono uproszczony obraz uczestników rynku stalowego w kontekście przemysłu 4.0.

Podsumowanie

Popyt na nowe technologie w poszczególnych branżach przemysłu pociąga za sobą zmiany w działalności logistycznej. Zmiany wprowadzane w logistyce, zaliczane do megatrendów technologicznych w przemyśle 4.0, określane są logistyką 4.0. W logistyce 4.0 współpracujące ze sobą podmioty gospodarcze permanentnie podejmują strategiczny wybór, polegający na wyborze kontrahentów (dostawców, dystrybutorów) na tle procesu wytwarzania spersonalizowanego wyrobu. Struktura łańcucha dostaw osadzonego w przemyśle 4.0 jest elastyczna, zwinna (Smart Supply Chain). Dostępne rozwiązania tech-

nologiczne i informacyjne umożliwiają uczestnikom łańcucha wybór najkorzystniejszych działań i tworzenie powiązań opartych coraz częściej bardziej na zafaniu niż na ramach formalnoprawnych. Przedstawione kluczowe zmiany w strukturze łańcucha do-

staw w przemyśle stalowym związane są z przejściem od powiązań bezpośrednich do pośrednich między uczestnikami łańcucha (przez podmioty powiązane kapitałowo i podmioty zewnętrzne z własnymi łańcuchami wartości).

Przypisy

¹ Zastosowano oryginalne nazewnictwo angielskie poszczególnych rozwiązań na poziomie 4.0 ze względu na ich popularność i trudność w znalezieniu rodzimych odpowiedników.

Bibliografia

- Bentyn, Z. (2017). Adaptacja łańcuchów dostaw do potrzeb przemysłu 4.0. *Autobusy*, 18(6), 1317–1321.
- Bujak, A. (2017). „Rewolucja przemysłowa — 4.0” i jej wpływ na logistykę XXI wieku. *Autobusy*, 18(6), 1338–1344.
- Czakon, W. (2005). *Łańcuch wartości w teorii zarządzania przedsiębiorstwem*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego.
- Ehrhardt Partner Group (2016). *Recognizing chances. Taking changes. Logistics 4.0 — smart, connected, digital*. <http://www.warehouse-logistics.com/57/3/8219/re-cognizing-chances-taking-changes-logistics-40%E2%80%93-smart,-connected,-digital.html> (8.04.2018).
- Gajdzik, B. (2014). Development of market strategies of metallurgical enterprises after restructuring of steel industry. *Metalurgija*, 53(1), 131–134.
- Gajdzik, B. (2012). *Przedsiębiorstwo hutnicze po restrukturyzacji. Dynamika zmian w krajowym sektorze hutniczym w latach 1992–2010*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- Gajdzik, B. (2008). Strategie zmian w dystrybucji wyrobów hutniczych. *Logistyka*, (6), 62–64.
- Gajdzik, B., Kalamat, Z., Bogdanowicz, A. (2010). Spedycja wyrobów hutniczych w transporcie samochodowym i kolejowym. *Hutnik. Wiadomości Hutnicze*, 77(12), 745–749.
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. A Literature Review*. Dortmund: Technische Universität.
- Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa. (2008). *Polski Przemysł Stalowy 2008*. Katowice: Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa.
- Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa. (2018). *Polski Przemysł Stalowy 2018*. Katowice: Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa.
- Piątek, Z. (2017). *Czym jest przemysł 4.0? (część I)*. <http://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/> (22.03.2019).
- Jasperneite, J. (2012). Was hinter Begriffen wie Industrie 4.0 steckt. *Computer & Automation*, (12), 24–28.
- Jäger, J., Schöllhammer, O., Lickefett, M., Bauernhansl, T. (2016). Advanced complexity management strategic recommendations of handling the „Industrie 4.0” complexity for small and medium enterprises. *Procedia CIRP* (57), 116–121.
- Magruk, A. (2016). The Internet of things as the future technological trend of the innovative development of logistics. *Research in Logistics and Production*, 6(1), 15–24.
- Musiał, P. (2010). Strategia dystrybucji wyrobów hutniczych na rynkach zagranicznych na przykładzie Huty Batory. *Hutnik. Wiadomości Hutnicze*, 77(11), 678–683.
- Person, G. (1991). Achieving competitive though logistics. *International Journal of Logistics Management*, (2), 1–37.
- Pfohl, H.-Ch. (2016). *Supply Chain 4.0, Configuration of Cooperative Networks in Disruptive Environments*. Referat wygłoszony na: Polski Kongres Logistyki. Poznań.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage creating and sustaining superior performance*. New York: The Free Press.
- Schoenthaler F., Augenstein, D., Karle, T. (2016). *Design and Governance of Collaborative Business Processes in Industry 4.0*. <https://pdfs.semanticscholar.org/6a64/429a5e5d05ab629195c585fe8dedf3db58b0.pdf> (3.04.2019).
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*, Cologne/Geneva: World Economic Forum.
- Szymańska, O., Adamczak, M., Cyplik, P. (2017). Logistics 4.0 — A new paradigm or set of known solutions? *Research in Logistics & Production*, 4(7), 299–310.
- Timm, I. J., Lorig, F. (2015a). A survey on methodological aspects of computer simulation as research technique. (W:) L. Yilmaz, W. K. V. Chan., I. Moon, T. M. K. Roeder, C. Macal, M. D. Rossetti (red.), *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference* (2704–2715), Trier: University of Trier. <http://simulation.su/uploads/files/default/2015-timm-lorig-2.pdf> (3.04.2019).
- Timm, I. J., Lorig, F. (2015b). Logistics 4.0 — a challenge for simulation. W: L. Yilmaz, W. K. V. Chan., I. Moon, T. M. K. Roeder, C. Macal, M. D. Rossetti (red.), *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference* (3118–3119), Trier: University of Trier. <https://www.informs-sim.org/wsc15papers/320.pdf> (3.04.2019).
- Trocki, M. (2002). Architektura biznesu — nowe struktury działalności gospodarczej. (W:) M. Romanowska, M. Trocki (red.), *Przedsiębiorstwo partnerskie* (38–55), Warszawa: Difin.

Zapraszamy na naszą stronę internetową

www.gmil.pl

