Ryszard Barcik, Monika Odlanicka-Poczobutt

LOGISTYKA 4.0

– wybrane zastosowania

LOGISTYKA 4.0
– wybrane zastosowania

Zapraszamy do naszej księgarni internetowej
www.wydawnictwo.tnoik.torun.pl/sklep/

prawolubni

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

SZANUJMY CUDZĄ WŁASNOŚĆ I PRAWO!

Ryszard Barcik, Monika Odlanicka-Poczobutt

LOGISTYKA 4.0
– wybrane zastosowania

wydawca

© Copyright by
Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa • Stowarzyszenie Wyższej Użyteczności
„DOM ORGANIZATORA"
87-100 Toruń, ul. Czerwona Droga 8
tel. (+ 48 56) 622 38 07, 622 28 98
http://www.tnoik.torun.pl
e-mail wydawnictwo@tnoik.torun.pl

Wydawnictwo „Dom Organizatora" jest członkiem Polskiej Izby Książki

Recenzent
Prof. dr hab. Lech A. Bukowski
Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

ISBN 978-83-7285-952-5

Printed in Poland
Toruń
Wydanie I
Druk ukończono w 2020 r.

przygotowanie do druku

Projekt okładki
Piotr Kabaciński
Grafika na okładce © sittinan – AdobeStock

Studio KROPKA dtp • Piotr Kabaciński
tel. kom. 602 303 814
e-mail: biuro@swk.com.pl

Wszystkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej książki nie może być powielana ani rozpowszechniana za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, bez uprzedniego wyrażenia zgody przez wydawcę i autora.

Spis treści

■ **WPROWADZENIE** **7**

1. ISTOTA LOGISTYKI W ŁAŃCUCHACH I SIECIACH DOSTAW **11**

1.1. Rozwój i znaczenie logistyki 11
1.2. Nowoczesne łańcuchy dostaw 16
1.3. Ewolucja sieci 22
1.4. Współczesne kierunki rozwoju logistyki – e-logistyka, Smart Logistics, IoT, IoS 27

2. CHARAKTERYSTYKA PRZEMYSŁU 4.0 ..... **35**

2.1. Stan wiedzy w Przemyśle 4.0 35
2.2. Megatrendy Industry 4.0 43

2.2.1. Megatrendy fizyczne 43
2.2.2. Megatrendy cyfrowe (Internet rzeczy) 46
2.2.3. Megatrendy biologiczne 48

2.3. Przykłady wdrożonych rozwiązań Industry 4.0 53

2.3.1. Fabryka referencyjna firmy Bosch w Blaichach oraz Immenstadt 53
2.3.2. Fabryka samochodów Volkswagen Poznań 60
2.3.3. Fabryka Seata w Martorell 62
2.3.4. Fabryka bram, drzwi i ogrodzeń – Wiśniowski 64
2.3.5. Fabryka POLMO S.A. 67

3. LOGISTYKA 4.0 – ISTOTA I ROZWÓJ **71**

3.1. (R)ewolucje logistyki 75

3.1.1. Pierwsza rewolucja przemysłowa. Logistyka 1.0 76
3.1.2. Druga (r)ewolucja przemysłowa. Logistyka 2.0 78
3.1.3. Trzecia rewolucja przemysłowa. Logistyka 3.0 80
3.1.4. Czwarta rewolucja przemysłowa. Logistyka 4.0 82

3.2. Przemysł 4.0 a współczesna logistyka 86

3.2.1. Inteligentny rozwój produkcji i łańcuchów dostaw 86
3.2.2. Główne wyzwania współczesnej logistyki 89

3.3. Wybrane rozwiązania w ramach Logistyki 4.0 91

3.3.1. Wybrane systemy informatyczne wspierające logistykę przedsiębiorstwa 91
3.3.2. Technologie wykorzystywane w inteligentnej logistyce 95

4. ZASTOSOWANIE RFID W LOGISTYCE 4.0 103

4.1. Architektura i funkcje systemu Radio-Frequency Indentification 105
4.2. Implementacja RFID w Laboratorium Discovery Knowledge 111

4.2.1. Architektura laboratorium symulacji 111
4.2.2. Symulacja procesu produkcyjnego 118
4.2.3. Monitorowanie 121
4.2.4. Zarządzanie zapasami 127

4.3. Wdrożenie RFID w Minera Norge – norweskie zastosowanie Logistics 4.0 128
4.4. Inne przykłady zastosowania nowoczesnych rozwiązań w ramach Logistyki 4.0 135

5. ZASTOSOWANIE ROZWIĄZAŃ RFID POZA PRZEMYSŁEM 143

5.1. RFID w bibliotekach 143
5.2. RFID w sądach powszechnych 147
5.3. Wdrożenie RFID w siedzibie prokuratury w Katarze 151
5.4. System śledzenia dokumentów RFID w amerykańskich instytucjach rządowych, samorządowych, sądach i kancelariach prawnych (przypadek hrabstwa DeKalb i hrabstwa St. Charles) 155
5.5. Stosowanie RFID w służbach policyjnych 159

■ **ZAKOŃCZENIE 165**

■ **BIBLIOGRAFIA 169**

■ **SPIS RYSUNKÓW 174**

WPROWADZENIE

Logistyka 4.0 nie jest czymś zupełnie nowym, ale kolejną, lepszą wersją do tej pory stosowanej logistyki. Zmiana ta dokonała się za pomocą cyfrowej transformacji, która wpłynęła na cały łańcuch dostaw. Nowy model działań logistycznych wiąże się z wykorzystaniem rozwiązań skupionych wokół innowacji i efektywnego wykorzystania najnowszych technologii. Współczesna logistyka odchodzi od wykorzystywania silosów danych, które prowadzą do rozproszenia posiadanych informacji, na rzecz *big data* i *Internetu rzeczy* IoT (ang. *Internet of Things*), czy *Internetu usług* IoS (ang. *Internet of Services*). Automatyzacja i informatyzacja, stosowane już w procesach produkcji i w magazynowaniu, zostały wsparte nowymi rozwiązaniami, które doprowadziły do nastania czwartej rewolucji przemysłowej.

Szybki przepływ informacji dzięki rozwojowi technologii ICT (ang. *Information and Communication Technology*), stanowi poważne wyzwanie dla działań logistyki na styku technologii innowacyjnych i zmian organizacyjno-instytucjonalnych, ponieważ działania wykraczają poza tradycyjne granice organizacyjne i integrują przepływ informacji pomiędzy różnymi podmiotami, wykorzystując media komunikacyjne, technologie komunikacji dźwięku i obrazu oraz media umożliwiające zapis i przetwarzanie informacji.

Niniejsza publikacja powstała na gruncie przekonania autorów, że szerokie spektrum zmian i dynamiczny rozwój, które stanowią współczesną rzeczywistość procesów logistycznych w przedsiębiorstwach i globalnych gospodarkach, wymaga chociażby pewnego uporządkowania. Funkcjonowanie nowoczesnych łańcuchów dostaw i sieci, dynamiczne możliwości interaktywnej współpracy partnerów i dostęp do globalnych zasobów informacyjnych wywołały zauważalne zmiany, których opisania podjęli się autorzy. Ze względu na bogactwo treści, wciąż pojawiające się nowości i nieustający rozwój nowych rozwiązań – nie uwzględniono mniej ważnych aspektów omawianych rozwiązań, przedstawiono natomiast przykłady zastosowań w praktyce. Szczególnie skupiono się na RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*), któremu poświęcono znaczną część publikacji.

W ***Rozdziale 1*** przedstawiono istotę logistyki w łańcuchach i sieciach dostaw, przybliżając rozwój i znaczenie logistyki w ostatnich latach. Scharakteryzowano nowoczesne łańcuchy dostaw oraz przedstawiono ewolucję sieci. Ważnym elementem rozdziału było wskazanie współczesnych kierunków rozwoju logistyki oraz uporządkowanie pojęć takich jak e-logistyka, Smart Logistics, IoT, IoS. Szerokie spektrum ciągle rozwijanych nowoczesnych technologii, czy inteligentnych rozwiązań w sferze robotyki i automatyki stworzyło podstawy do tworzenia i rozwijania nowoczesnych systemów logistycznych, określanych początkowo jako e-Logistyka, natomiast powiązanie z tymi samymi warunkami co „Smart Services" i „Smart Products" posłużyło do zdefiniowania „Smart Logistics". Bez względu na nazewnictwo istotą jest wykorzystanie Internetu Rzeczy i Usług.

Rozdział 2 zawiera charakterystykę Przemysłu 4.0 ze wskazaniem głównych mega trendów występujących w tym obszarze. Zidentyfikowano megatrendy fizyczne, cyfrowe i biologiczne. Termin Przemysł 4.0 kojarzy się z wizją „Inteligentnej fabryki" przy współudziale „Inteligentnej logistyki". Oznacza zatem inteligentne osadzenie produktów w procesach cyfrowych i fizycznych. W rozdziale przedstawiono przykłady wdrożeń z obszaru Industry 4.0. prezentujące rozwiązania polskie i zagraniczne. Przedstawiono fabrykę referencyjną firmy Bosch w Blaichach oraz Immenstadt, fabrykę samochodów marki Volkswagen w Poznaniu, Seata w Martorell, POLMO S.A. oraz fabrykę bram, drzwi i ogrodzeń – Wiśniowski.

W ***Rozdziale 3*** zaprezentowano kolejne (r)ewoucje logistyki od Logistyki 1.0 do 4.0, wskazując cechy charakterystyczne każdego etapu. Omówiono wzajemne korelacje pomiędzy przemysłem 4.0 a logistyką ze względu na silną zależność obu trendów. Wykorzystanie rozwiązań ICT w zunifikowanej komunikacji pozwala użytkownikom na dostęp, przechowywanie, przesyłanie i przetwarzanie informacji, obejmując całą gamę aplikacji informatycznych umożliwiających przetwarzanie informacji i obsługę bieżących funkcji na bazie wspólnej technologii cyfrowej, dlatego w ostatnim punkcie rozdziału przedstawiono wybrane rozwiązania w ramach Logistyki 4.0.

Rozdział 4 przedstawia zastosowanie rozwiązań RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*) w Logistyce 4.0 Dzięki tego typu rozwiązaniom firmy są w stanie przetwarzać ogromne ilości informacji w coraz krótszym czasie i coraz precyzyjniej monitorować parametry wynikające z wymogów, jakie stawiane są przez szybko rozwijającą się gospodarkę. Wykorzystanie

sieci sensorycznych, czy też protokołów związanych z technologią RFID coraz częściej wkracza w obszar codziennego życia umożliwiając między innymi precyzyjne zarządzanie obrotem opakowaniami zwrotnymi, gdzie brak dokładnego nadzoru może doprowadzić firmy do wielomilionowych strat, czy też obsługę towarów w sieciach detalicznych, jak również w rozrastających się kompleksach magazynowych. Precyzyjne określenie pozycji jednostek magazynowych wraz z monitorowaniem parametrów fizycznych składowanych tam towarów pozwala na stałą kontrolę ich przydatności np. w procesie produkcyjnym. Poza omówieniem architektury i funkcji systemu RFID – w rozdziale zaprezentowano przykłady wdrożeń tego rozwiązania.

Pojawia się coraz więcej obszarów, w których rozwiązania oparte o technologie ICT znajdują zastosowanie – bankowość, telewizja cyfrowa, sieci społeczne, administracja elektroniczna, czy sądownictwo, dlatego ***Rozdział 5*** poświęcono zastosowaniu rozwiązań RFID poza Przemysłem. Zaprezentowano RFID w bibliotekach, w sądach powszechnych oraz w służbach policyjnych. Przedstawiono przypadek wdrożenia RFID w siedzibie prokuratury w Katarze oraz system śledzenia dokumentów w amerykańskich instytucjach rządowych, samorządowych i kancelariach prawnych (przypadek hrabstwa DeKalb i hrabstwa St. Charles).

Nowy paradygmat logistyki oparty na fundamentalnym wzroście znaczenia Przemysłu 4.0., powoduje, że jest ona jednym z najważniejszych elementów współczesnej gospodarki, dlatego pojęcie Logistyki 4.0 łączone jest bezpośrednio właśnie z koncepcją czwartej rewolucji przemysłowej, opartej na komunikacji pomiędzy maszynami działającymi w autonomicznym obszarze funkcjonalnym. Logistyka 4.0 nie tylko musi nadążać za współczesnymi zmianami, ale w wielu wypadkach je wyprzedzać, spełniając oczekiwania klientów. Takie podejście służyć będzie budowaniu nowych koncepcji logistycznych, które w pełni wykorzystywać będą pojawiające się możliwości wynikające z rosnącego tempa rozwoju technologicznego.

Autorzy mają nadzieję, że publikacja przyczyni się do uporządkowania pojęcia Logistyki 4.0 w odniesieniu do zmian w technologii i sposobów funkcjonowania podmiotów w łańcuchach dostaw od początków rewolucji przemysłowej do czasów obecnych.

1. ISTOTA LOGISTYKI W ŁAŃCUCHACH I SIECIACH DOSTAW

1.2. Rozwój i znaczenie logistyki

Źródłosłów *logistyki* odnosi się do zastosowań wojskowych, pojmowanej jako „sztuka obsługi wojsk w teatrze wojny" tzn. taktyka radzenia sobie na polu bitwy. Kiedy w 1837 roku baron A. H. de Jomini opublikował w Paryżu swoje dzieło „Zarys sztuki wojennej" pojęcie logistyki nabrało teoretycznego znaczenia w zakresie zaopatrywania magazynów oraz oddziałów wojskowych, urządzania dróg komunikacyjnych, czy przygotowywania środków transportowych [Beier, Rutkowski, 1995, s. 15]. Według pierwotnych źródeł francuskich logistyka była sztuką przemieszczania i kwaterowania żołnierzy [Lummus, Krumwiede i Vokurka 2001]. Dalsza ewolucja terminu sprawiła, że obecnie dla wojskowości oznacza on zadania wspierające działanie sił zbrojnych, a dotyczące ich zaopatrzenia oraz świadczenia innych niezbędnych im usług [Kisperska-Moroń, Krzyżaniak, 2009, s. 15–16].

Za początek logistyki w obecnym rozumieniu uważa się natomiast wiek XX, a dokładniej lata 60-te, kiedy znaczne zahamowanie wzrostu gospodarczego po wojnie było powodem rozpoczęcia dokładnych analiz kosztów dystrybucji towarów [Maśloch, 2005, s. 35–36]. Na przestrzeni lat termin *logistyka* stale się rozwijał i był ciągle na nowo definiowany, nie jest zatem łatwo w sposób jednoznaczny określić jego znaczenia [Kisperska-Moroń, Krzyżaniak, 2009, s. 16–17]. Jedną z najpopularniejszych definicji jest opracowana w USA przez Council of Logistics Management, która określa, że logistyka jest procesem planowania, realizowania i kontrolowania efektywnego ekonomicznie i sprawnego przepływu surowców, materiałów służących do produkcji, wyrobów gotowych oraz odpowiedniej towarzyszącej im informacji z punktu ich pochodzenia, do punktu konsumpcji, w celu zaspokojenia potrzeb i wymagań klienta [*What, s It*…, 1992, s. 3–6]. W obecnych czasach termin *logistyka* oznacza – w szerokim zakresie – pro-

ces zarządzania i kontrolowania przepływów towarów, energii, informacji oraz usług i ludzi. Obejmuje integrację informacji, transportu, inwentaryzacji, magazynowania, przeładunku i opakowania materiału [Gen, Cheng i Lin, 2008].

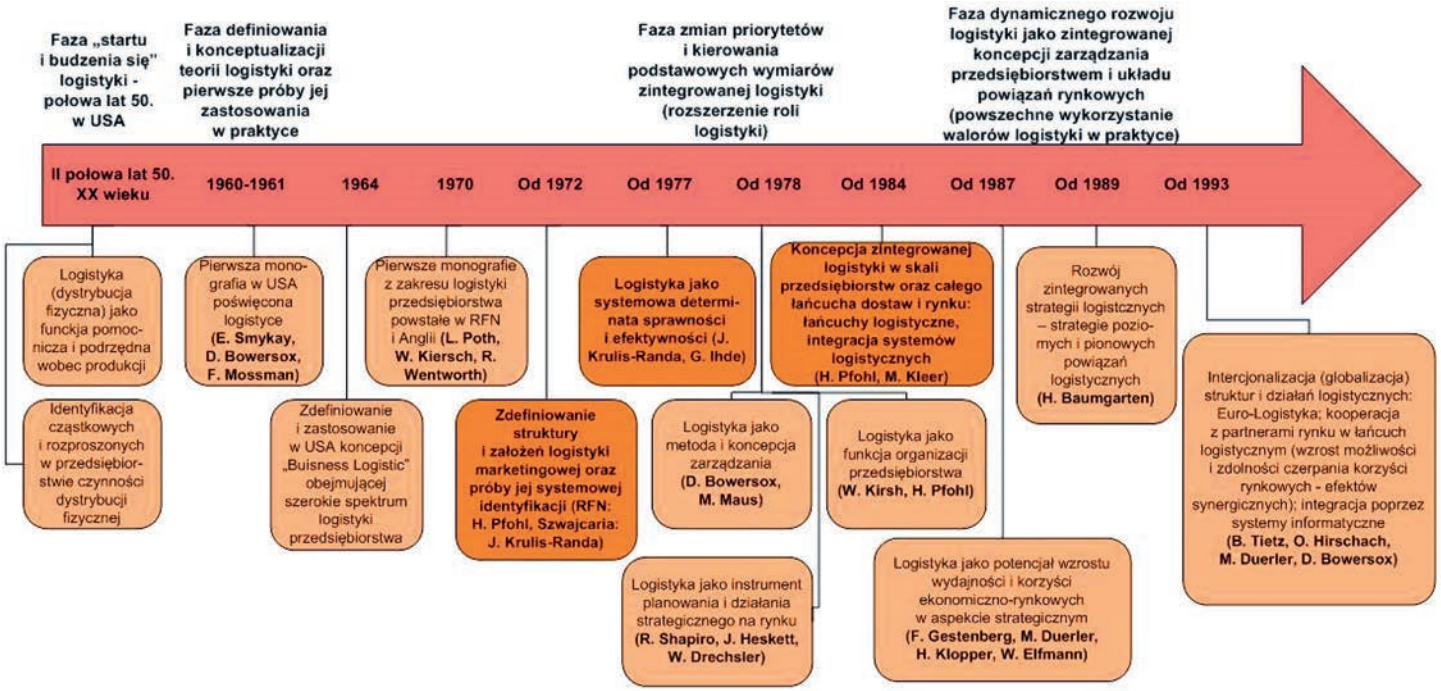
Na Rysunku 1.1. przedstawiono kształtowanie się i rozwój logistyki na przestrzeni ostatniego stulecia, gdzie widoczna jest stopniowa zmiana podejścia w definiowaniu tego pojęcia. Istotą koncepcji logistyki począwszy od lat 70. XX wieku było traktowanie logistyki w sposób systemowy, w oparciu o współzależności, czy integrację elementów wzajemnie się uzupełniających [Blaik, 2010, s. 43]. Teoria systemów umożliwia uwzględnienie dynamizmu przedsiębiorstwa oraz powiązań wewnętrznych i zewnętrznych [Bartalanffy, 1984, s. 15–18], co pozwala w dalszej kolejności na tworzenie modeli, czy algorytmów, które przedstawiają przebieg procesów, opierając się jednocześnie na połączeniach przyczynowo – skutkowych [Sołtysik, 2003, s. 28–36]. Proces poznawania systemu, opisywania obiektu, czy jego części składowych umożliwia rozwiązywanie złożonych problemów mogących wystąpić w organizacji oraz w jej otoczeniu [Królik, Nowodziński, 2010, s. 94–98], natomiast całościowa analiza systemu pozwala na uwzględnienie wszelkich istniejących ograniczeń podczas podejmowania decyzji logistycznych [Barcik, Jakubiec, 2011, s. 74–79].

Rozwój analizy systemowej oraz teorii systemów ma istotny związek z logistyką. Pojęcie *systemu logistycznego* (rys. 1.2) oznacza celowo zorganizowaną i połączoną grupę elementów wraz z zachodzącymi pomiędzy nimi relacjami, które warunkują przepływ informacji, strumieni i środków finansowych [Michlowicz, 2002, s. 83–84]. Podejście systemowe stanowi zasadniczą część współczesnego znaczenia pojęcia „logistyka".

System logistyczny obejmuje całość procesu wysyłki surowców i materiałów do zakładu produkcyjnego poprzez magazyny i transport produktów do różnych odbiorców. Transport i przechowywanie towarów to podstawowe punkty kontrolowania dynamiki i statyki przepływu materiałów (Gen, Cheng i Lin, 2008).

Istotne komponenty systemu logistycznego, poza widocznymi na rysnuku 1.2, to również:

- **usługi logistyczne,** obejmujące przepływ materiałów i produktów z zakładów produkcyjnych do konsumentów, a także związane z nimi przepływy zwrotne obejmujące unieszkodliwianie odpadów; działania

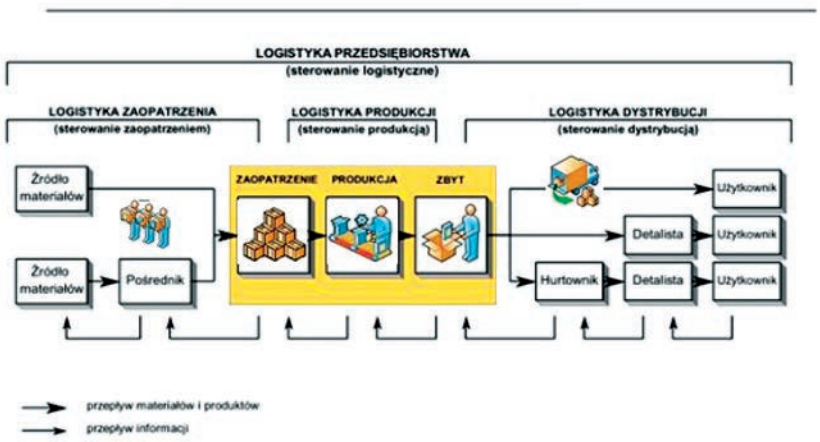


Rysunek 1.1. Kierunki i fazy rozwoju logistyki w XX wieku

Źródło: na podstawie Blaik P.: Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania, Wyd. PWE, Warszawa, 2010, s. 17–24, 42–49.

wewnętrzne (np. przechowywanie lub kontrola zapasów w fabryce producenta) i operacje zewnętrzne; dwukierunkowe fizyczne i niefizyczne działania (np. transport, magazynowanie i projektowanie łańcucha dostaw, wybór wykonawców oraz negocjacje);

- **systemy informatyczne,** obejmujące modelowanie oraz monitorowanie procesów logistycznych na każdym etapie interakcji**;**
- **infrastruktura,** obejmująca zasoby ludzkie, finansowe, opakowania, materiały, magazyny, transport i łączność (Tseng, Yue i Taylor, 2005).



Rysunek 1.2. System logistyczny
Źródło: www.czasopismologistyka.pl/archiw/mt0102/f_rys_4.gif&imgrefurl

Dzięki systemowemu ujęciu logistyki można doprowadzić do racjonalizacji wszelkich działań gospodarczych w aspektach zintegrowanych ze sobą przepływów towarów i informacji. W przepływach tych podstawową i najważniejszą rolę odgrywa jakość i odpowiedni poziom usług świadczonych w obrębie przepływów. Sam proces funkcjonowania systemu logistycznego to wzajemne dostosowanie się oraz tworzenie pożądanych i właściwych związków między nakładami, a efektami logistyki [Maśloch, 2005, s. 35–45]. Logistyka pomaga zoptymalizować produkcję i dystrybucję opartą na procesach zarządzania i promowania wydajności i konkurencyjności przedsiębiorstw [Tseng, Yue i Taylor 2005]. Istotą podejścia systemowego w logistyce jest przełożenie, ponad znaczenie poszczególnych, pojedynczych elementów, ich wzajemnych zależności. Unikać należy tu suboptymalizacji, która może

pojawić się, gdy każda czynność logistyczna oceniana i analizowana jest oddzielnie, indywidualnie. Dla systemu logistycznego ważne jest bowiem zbadanie wzajemnego oddziaływania poszczególnych elementów składających się na przepływy informacji, czy surowców. Dlatego też kolejną istotną kwestią jest ujęcie koszów funkcjonowania systemu w sposób globalny oraz uwzględnienie jakości obsługi klienta [Kisperska-Moroń, Krzyżaniak, 2009 s. 64].

W celu obniżenia kosztów dla wszystkich firm, szczególnie ponadnarodowych, istotnym zagadnieniem staje się sprawne zarządzanie systemem logistycznym (Gen, Cheng i Lin, 2008). Optymalizacja systemów logistycznych, które obejmują podstawowe procesy przepływu towarów (jak transport, magazynowanie, przeładunek) i procesy wspierające (jak pakowanie, procesy testowe, zamówienie, procesy transmisji przetwarzania) staje się podstawą zarządzania logistycznego (Premm i Kirn, 2015). Następuje przejście z tradycyjnych łańcuchów dostaw do otwartej sieci łańcucha dostaw, od długotrwałych relacji biznesowych do krótkotrwałych połączeń biznesowych przez automatyzację i optymalizację przepływu towarów.

Struktura systemu logistycznego, w postaci jego elementów i relacji między nimi, jest w typowy sposób reprezentowana przez procesy logistyczne [Kisperska-Moroń, Sołtysik, 1996, s. 6]. Procesy logistyczne zintegrowane w całość wpływają na siebie, pozostając w związku ze sobą oraz z otoczeniem i tworząc system logistyczny, dzięki któremu określić można sposób i techniki przebiegu procesów logistycznych oraz zbiór środków, dzięki którym można je realizować [Kisperska-Moroń, Krzyżaniak, 2009 s. 65].

Współczesne rozumienie procesów logistycznych to integracja strumieni rzecz owych i informacyjnych, spojrzenie na procesy gospodarcze przez pryzmat strumieni, sprawności ich przepływu oraz kosztów [Skowronek, Sarjusz-Wolski, 2012, s. 18–20]. Procesy przepływu materiałów i informacji realizowane są w ramach systemu logistycznego. Zarządzanie procesami logistycznymi wiąże się z pozyskiwaniem, gromadzeniem, przetwarzaniem i przesyłaniem dużej ilości informacji przed, w trakcie i po realizacji tych procesów [Gąsowska, 2014, s. 289–298].

Systemy logistyczne charakteryzują się dużą złożonością zachodzących w nich procesów przepływu zasobów materialnych, finansowych i informacyjnych. System logistyczny powinien być jednocześnie elastyczny i otwarty, charakteryzować się wysokim poziomem spójności i dążeniem do wyższego stopnia zorganizowania [Gołembska, 2012, s. 20]. Informacja

umożliwia racjonalizację przepływu pozostałych strumieni (materiałów, kapitału, energii i ludzi), koordynację wewnątrz systemu logistycznego i jego harmonijne powiązanie z otoczeniem.

Na system informacyjny składają się organizacja i sposób posługiwania się informacją, obejmujący wytwarzanie informacji, jej zapisywanie, odczytywanie, przechowywanie, przetwarzanie i przesyłanie, a także zbiór technik i technologii wykorzystywanych w jego organizacji i wspierający jego funkcjonowanie [Fechner, 2007, s. 127]. Podstawowe elementy systemu informacyjnego to: sprzęt (hardware), oprogramowanie (*software*), bazy danych, telekomunikacja, ludzie i organizacja (wynikająca ze strategii firmy) [Zając, 2011, s. 16].

1.2. Nowoczesne łańcuchy dostaw

Wzrost presji otoczenia oddziałującej na współcześnie funkcjonujące organizacje wymagał poszukiwania coraz bardziej wyrafinowanych sposobów umożliwiających ich przetrwanie i rozwój. Jednym z takich rozwiązań było tworzenie łańcuchów dostaw, które w latach 90. ubiegłego stulecia umożliwiało firmom sprostanie wyzwaniom stawianym przez otoczenie. Kilkadziesiąt lat temu firmy wychodziły poza ramy indywidualnych organizacji tworząc łańcuch dostaw, obecnie zauważalny jest coraz wyraźniejszy trend rozszerzania zakresu działalności przez pojedyncze łańcuchy dostaw i tworzenie zorganizowanej grupy łańcuchów dostaw, nazywanych w literaturze sieciami dostaw [Świerczek, 2007]. Łańcuchy dostaw tworzą się na skutek postępującego procesu likwidacji barier między firmami i wykraczania poza tradycyjnie ukształtowane granice przedsiębiorstw. Ogniwa łańcucha dostaw przejmują wspólną całkowitą odpowiedzialność za cykl życia wyrobu, począwszy od źródeł pozyskania surowców i materiałów, poprzez ich przetwarzanie i montaż, na dystrybucji i sprzedaży produktów finalnych kończąc [Harland, Lamming, Zheng, Johnsen, 2001].

Trudno ustalić jednolitą definicję łańcucha dostaw, przyjmuje się, że łańcuch dostaw to sieć organizacji zaangażowanych poprzez powiązania z dostawcami i odbiorcami w różne procesy i działania, które tworzą wartość w postaci produktów i usług gospodarczych [Bozarth C.B., Handfield R.B, 2007, s. 86]. Zarządzanie łańcuchem dostaw to termin, któ-

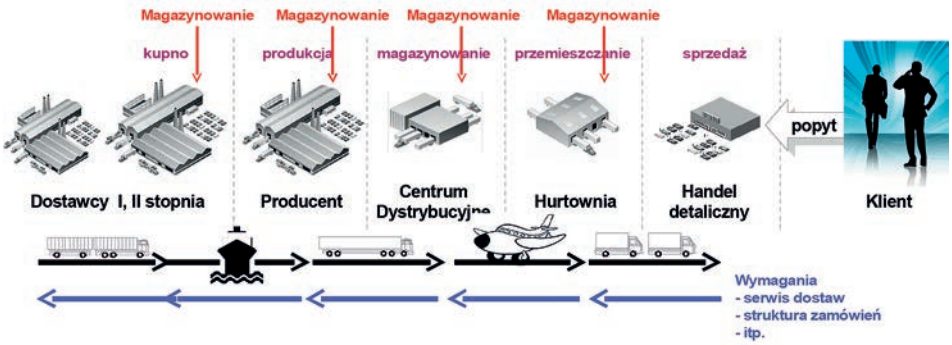
ry pojawił się najpóźniej w przemyśle włókienniczym i spożywczym i służy do określania integracji wszystkich procesów logistycznych, łącząc partnerów zarówno wewnątrz organizacji jak i z partnerami zewnętrznymi w tym z dostawcami, przewoźnikami oraz dostawcami systemów informatycznych – rysunek 1.3 [Lummus, Krumwiede i Vokurka 2001].

Rysunek 1.3. Współczesny łańcuch dostaw
Źródło: Salvesen Logístca. (2014). http://www.salvesenlogistica.com/en/servicios/logistica-integral

Na rozwój logistyki wpływają obecnie takie elementy jak: globalna dostępność surowców i środków produkcji, zwiększona dostępność towarów i usług, rozwój technologii informatycznych i telekomunikacyjnych. Łańcuchy dostaw stają się coraz bardziej elastyczne i inteligentne. Chcąc osiągnąć przewagę konkurencyjną uczestnicy łańcuchów dostaw starają się je jak najbardziej unowocześniać i dopasować do klientów. Nowoczesny łańcuch dostaw, to taki, który optymalnie wykorzystuje zasoby uczestników tego łańcucha, szybko reaguje na zmiany otoczenia oraz maksymalnie wykorzystuje wszelkie dostępne informacje. Nowoczesny łańcuch dostaw to przede wszystkim taki łańcuch, który korzysta z osiągnięć technologicznych, zwłaszcza informatycznych [Tarkowski, Stefaniak, 2002].

Zmiany zachodzące w łańcuchach dostaw spowodowały uproszczenie ich struktury podmiotowej. Coraz częściej składają się z producentów, detalistów oraz konsumentów, eliminując działania prowadzone w przeszłości przez hurtowników. Związki pomiędzy uczestnikami łańcucha dostaw przyj-

mują bardziej zróżnicowane formy, a powiązania między ogniwami łańcucha dotyczą dzisiaj praktycznie wszystkich podstawowych rodzajów przepływów, czyli przepływu produktów, ryzyka, kapitału oraz informacji [Rutkowski, 2004, s. 2]. Rysunek 1.4 przedstawia uczestników łańcucha dostaw.



Rysunek 1.4. Uczestnicy łańcucha dostaw
Źródło: Salvesen Logística. (2014). http://www.salvesenlogistica.com/en/servicios/logistica-integral

Kierunkiem, w którym podążają obecnie organizacje pragnące utrzymać konkurencyjność, jest zacieśnianie współpracy w ramach zintegrowanych łańcuchów dostaw, w których procesy wychodzą poza granice przedsiębiorstw i rozciągają się od dostawców surowców i podzespołów poprzez producentów i sprzedawców do klienta.

Zintegrowane łańcuchy dostaw to inaczej zarządzanie przepływem zasobów w łańcuchach logistycznych, opartych na sieci współpracujących aplikacji rozmieszczonych w poszczególnych węzłach łańcucha, sterowanych zdarzeniami (np. zakupem towaru przez klienta, potwierdzeniem odbioru dostawy itd.) i opartych na procesach biznesowych, rozciągających się wzdłuż całego łańcucha a nie ograniczających się do jednej organizacji. Korzyści wynikające z integracji i koordynacji działań w łańcuchu dostaw wyrównują niepewne korzyści z tradycyjnej gry rynkowej konkurujących ze sobą firm. Łańcuch dostaw staje się więc zorientowanym na procesy, zintegrowanym podejściem do zarządzania zakupami, produkcja oraz dostawami towarów i usług do klientów [Rutkowski, 2002, s. 59].

Łańcuchy dostaw szybko reagujące na potrzeby klienta są wysoce zintegrowane wewnętrznie w poprzek pionów funkcjonalnych oraz zewnętrznie w górę (z dostawcami) i w dół łańcucha (z klientami). Kluczem do

integracji łańcucha dostaw jest otwarty przepływ informacji na całej jego długości. Dzięki dzieleniu się informacjami, partnerzy w łańcuchu dostaw mogą znacznie szybciej reagować na znany im popyt i zaspokajać go, utrzymując w systemie niższe zapasy i tym samym obniżyć koszty.

Jedną z głównych przyczyn integracji łańcucha dostaw jest świadomość tego, że sprawny system logistyki jest kluczowym warunkiem właściwego reagowania na zmieniającą się sytuację na rynku. Przemieszczanie towarów pomiędzy uczestnikami zintegrowanego łańcucha dostaw stało się istotnym elementem, gdzie ważną rolę spełniają najczęściej przedsiębiorstwa transportowo –spedycyjne tworząc wartość dodaną produktu poprzez umieszczanie go coraz bliżej ostatecznego odbiorcy. Wartość jest czynnikiem, który wyróżnia jeden produkt spośród innych, dlatego tworzenie wartości poprzez transformacje jakościowe towarów ma obecnie coraz większe znaczenie w funkcjonowaniu łańcucha dostaw [Grabowska, 2008).

Do najważniejszych celów jakie można osiągnąć z zastosowania koncepcji zarządzania łańcuchami dostaw, należy zaliczyć:

a) minimalizację kosztów przepływu produktów i informacji przy zachowaniu wymaganego przez klientów poziomu jakości obsługi dostaw (tzw. *logistyka oszczędności*);
b) zapewnienie jak najkrótszego czasu realizacji zamówień i możliwie wysokiej niezawodności, częstotliwości i elastyczności dostaw przy założonym poziomie kosztów przepływu (tzw. *logistyka wydajności*);
c) optymalizacja poziomu zapasów w skali łańcucha dostaw wraz z elastycznym dostosowywaniem się do preferencji w zakresie obsługi dostaw poszczególnych segmentów rynku [Witkowski, 2003].

Z pojęciem łańcucha dostaw nierozerwalnie wiążą się pojęcia ***efektywności*** i ***elastyczności.*** Efektywny łańcuch dostaw ma zapewnić minimalizację kosztów wytworzenia i dostarczenia produktów do konsumentów poprzez koordynację zamówień, dostaw materiałów i wyrobów gotowych, umożliwiając w ten sposób minimalizację poziomu zapasów, kosztów transportu oraz optymalne wykorzystanie zdolności produkcyjnych. Elastyczny łańcuch dostaw dopasowuje jak najlepszą podaż do popytu. Cechami charakterystycznymi elastycznego łańcucha dostaw są natomiast: krótkie czasy dostaw i wysoki poziom obsługi klienta. Działania odejmowane w elastycznych i efektywnych łańcuchach dostaw mają umożliwić szybką reakcję na potrzeby klientów biorąc pod uwagę ich ciągłą zmienność.

Wymienione czynniki, wyznaczające kierunek i dynamikę zmian współczesnych łańcuchów dostaw (globalizacja, rozwój gospodarki elektronicznej, partnerstwo, wzrastające i różnicujące się potrzeby klientów) sprawiają, że niewystarczającym jest aby łańcuchy dostaw były elastyczne. Muszą być także ***inteligentne***, tzn. oparte na pełnej synchronizacji działalności wszystkich współpracujących ze sobą ogniw [Dembińska-Cyran, 2004]. Istota funkcjonowania inteligentnych łańcuchów dostaw iSC (ang. *iSupplyChain*) sprowadza się do przejęcia dominacji i sprawowania kontroli nad procesem decyzyjnym odnoszącym się do całego łańcucha dostaw. Koncepcja funkcjonowania iSC zakłada uwzględnienie kompleksowych źródeł przewagi konkurencyjnej, oddziałujących na siebie w relacji synergicznej, którymi mają być :

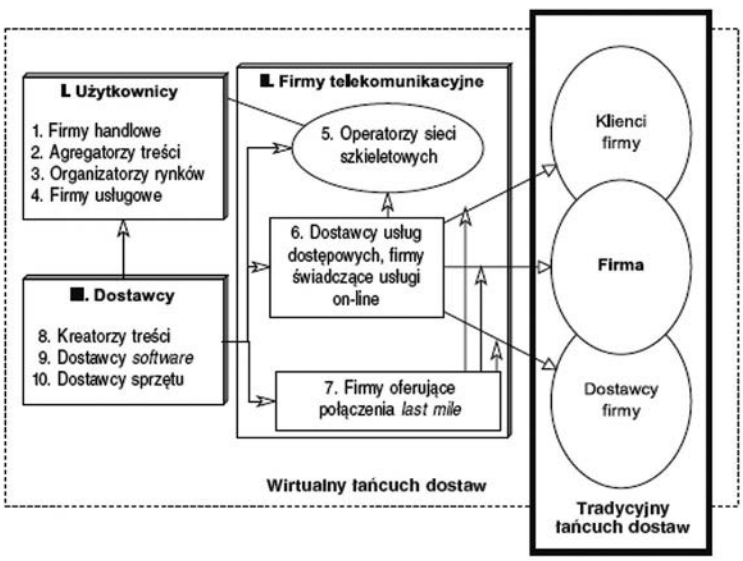
— wiedza i informacja,
— szybkość i umiejętność zarządzania czasem,
— elastyczność,
— umiejętność współpracy,
— E&HT (ang. *electronic and high technology*) [Dembińska-Cyran, 2004].

Współpraca niezależnych przedsiębiorstw w łańcuchach połączonych ideą wspólnego działania, gdzie partnerzy wnoszą swoje indywidualne kluczowe kompetencje, których połączenie przynosi efekt synergiczny – doprowadziła do powstania łańcuchów wirtualnych [Zimniewicz, 1999]. W wyniku nieustającej konkurencji przedsiębiorstwa zmuszone zostały do poszukiwania nowych rozwiązań opartych na tzw. organizacjach zwinnych (łańcuchy wewnętrzne), sieciowych (łańcuchy zewnętrzne), a docelowo wirtualnych [Radziejowska 2001], co pozwoliło na wykorzystanie posiadanego potencjału organizacyjnego do szybkiej zmiany albo rozszerzenia profilu działalności.

Wirtualny łańcuch dostaw, aby mógł być konkurencyjny, a także stanowić pewną alternatywę dla tradycyjnych łańcuchów dostaw powinien spełniać określone warunki, którymi są: kluczowe kompetencje, kooperacja oraz komunikacja [Grudzewski, Hejduk, 2002; Kisielnicki, 2002]. Kluczowe kompetencje obejmują wszystkie umiejętności w zakresie kształtowania strategii globalnej, skoordynowanej ze strategiami cząstkowymi poszczególnych biznesów, w oparciu o wykorzystanie Internetu . Współczesne przedsiębiorstwa, poddane globalnej konkurencji, zmuszone są do respektowania globalnych zasad działania. Opierają się one na wzroście presji na wyko-

rzystanie technologii informacyjnych we wszystkich sferach działania firmy i jej kontaktów z partnerami biznesowymi (między innymi wirtualizacja procesów), integracji i współpracy, z wykorzystaniem sieci Internet, eliminacji pośredników i funkcji pośrednich, a także konieczności funkcjonowania w czasie rzeczywistym (ang. *real-time economy*).

Przedsiębiorstwa, wykorzystujące w swej działalności infrastrukturę Internetu, są elementem lub korzystają z oferty trzech podstawowych segmentów nowej gospodarki, to jest: segmentu użytkowników, segmentu firm telekomunikacyjnych oraz segmentu dostawców. Oferują one szeroko rozumiane usługi dostępu on-line do zasobów i możliwości Internetu, i umożliwiają oparcie działalności firmy na tak zwanych zasadach „5C", to jest: koordynacji (*coordination*), obrotu handlowego (*commerce*), budowy wspólnoty (*community*), prezentacji treści internetowych (*content*) oraz metod komunikacji z partnerami biznesowymi (*communication*) [Pastuszak, 2008]. W efekcie powstaje wirtualny łańcuch dostaw (rysunek 1.5), nierozerwalnie związany z procesami fizycznej dystrybucji produktów, zachodzących w tradycyjnym łańcuchu dostaw oraz z towarzyszącymi im przepływami informacyjnymi [Pastuszak, 2004].



Rysunek 1.5. Wirtualny łańcuch dostaw

Źródło: Pastuszak Z. Wirtualny łańcuch dostaw, Logistyka 6/2004, s. 34

Wraz ze zmianą warunków konkurowania, rozwojem globalizacji i postępem technologicznym następowała ewolucja pojęciowa łańcucha dostaw, polegająca na różnej interpretacji jego istoty, celów i uczestników. Różnice w podmiotowej interpretacji łańcucha przełożyły się na różnice poglądów dotyczące przedmiotowego oraz funkcjonalnego zakresu i celów współdziałania. W wyniku tej ewolucji pojęcie łańcucha dostaw stało się bardzo wieloznaczne i nieprecyzyjne [Witkowski J., 2010, s. 21].

1.3. Ewolucja sieci

W ostatnich latach na gruncie logistyki zmiana zachowań nabywczych i oczekiwań konsumentów wymusiła radykalne zmiany w działaniu wielu podmiotów gospodarczych, wpływając na powstawanie nowego typu porozumień między firmami współpracującymi do tej pory jedynie na zasadzie „dostawca-odbiorca". To właśnie te wymagania w najistotniejszy sposób wpływają na nowy sposób zarządzania łańcuchem dostaw, rozszerzając to pojęcie do sieci dostaw, a koncepcja sieci dostaw określa kierunek rozwoju nowego dynamicznego łańcucha dostaw [Matwiejczuk, 2011].

Łańcuchy dostaw przekształciły się pod wpływem występujących relacji gospodarczych w złożone sieci dostaw, które lepiej ukazują występujące pomiędzy przedsiębiorstwami przepływy. U podstaw rozwoju sieci dostaw leżą: zarządzanie wiedzą, rozwój techniki cyfrowej, pojawienie się rzeczywistości wirtualnej, molekularyzacja organizacji, integracja pracy, eliminacja pośredników i funkcji pośrednich, konwergencja różnych obszarów gospodarki, wzrost innowacyjności, włączenie konsumenta w proces produkcyjny, prace w czasie rzeczywistym, globalizacja gospodarki, wzrost niepewności i zagrożenia oraz inne czynniki. Obserwacja sieci dostaw dostarcza informacji nie tylko na temat zależności między konkretnym dostawcą a odbiorcą, którzy łączą się w ogniwa łańcucha, dostarcza również informacji na temat tego jak kształtują się zależności danego podmiotu z tymi firmami, które mogą być składowymi innych łańcuchów dostaw.

Początek XXI wieku to era organizacji sieciowych wspieranych technologiami informatycznymi, oferujących nowe możliwości wspólnego tworzenia, wykorzystywania wiedzy, umiejętności i kompetencji partnerów. Istotna jest jej architektura rozumiana jako sieć więzi zewnętrznych i wewnętrz-

nych i zawieranych w jej ramach kontaktów i kontraktów, umożliwiająca integrację i koordynację zbioru wielu różnorodnych organizacji i wymianę oraz tworzenie nowej wiedzy, doświadczeń i umiejętności i dzięki dodawania wartości do ogniw i procesów łańcucha wartości i łańcucha dostaw. Proste ujęcie sieci: węzły i powiązania pomiędzy nimi – już jednak nie wystarcza [Knop, Odlanicka-Poczobutt, 2016, s. 415-430].

Organizacje sieciowe, zamiennie nazywane również sieciami międzyorganizacyjnymi [Łobos, 2005, s. 161], stanowią stosunkowo młode zjawisko organizacyjne, którego genezę wiąże się z układami kooperacyjnymi. Są one ściśle związane z koncepcją i praktyką strategii organizacji, a ich tworzenie wiąże się z zamiarem realizacji określonego zamysłu strategicznego [Sroka, 2012]. Pojęcie organizacji sieciowej ma bardzo zróżnicowany charakter. Głównym problemem związanym z definicją sieci jest określenie obiektu badań. Wraz z rozwojem firm, a tym samym zacieraniem się ich zewnętrznych i wewnętrznych granic oraz stosowaniem na szeroką skalę systemów informatycznych, zrodziły się organizacje sieciowe, w których przedsiębiorstwa pełnią określone funkcje oraz wykonują wspólne zadania. W zakresie relacji sieciowych następuje szereg procesów biznesowych, np. procesy magazynowania, produkcji, transportowe czy komercjalizacji produktów i usług [Witkowski, 2000, s. 168].

Przesłankami zmian zachodzących w sektorach przemysłowych i handlowych, które spowodowały przyjęcie koncepcji sieci w odniesieniu do koordynacji organizacji [Jones, Hestery&Borgatti, 1997] są, oprócz takich czynników jak efektywność i koszty transakcyjne, również: zasoby, uczenie się oraz niepewność [Czakon, 2007, s. 115].

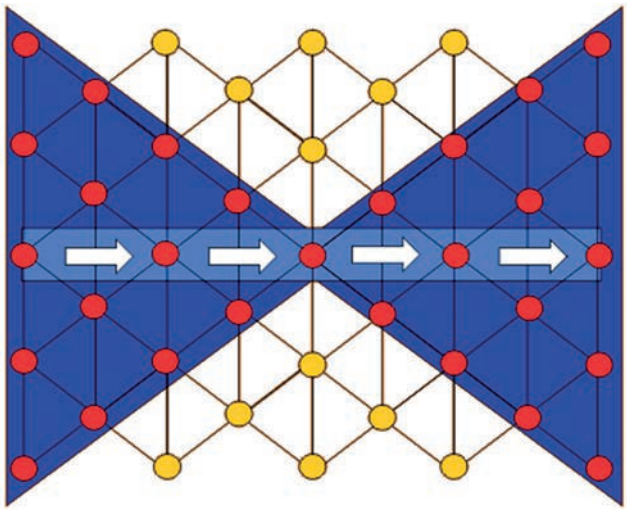
Sieć logistyczna jest uważana za szczególny przypadek sieci [Witkowski, 2003, s. 19]. Sieć logistyczną można zatem rozumieć jako grupę niezależnych przedsiębiorstw, które konkurują ze sobą i kooperują celem poprawy zarówno sprawności, jak i efektywności przepływu produktów oraz towarzyszących im informacji zgodnie z oczekiwaniami klientów. Sieć logistyczną stanowią węzły oraz ścieżki, będące częściami układu, przez który przepływają strumienie wyrobów gotowych, materiałów, elementów kooperacyjnych, energii oraz informacji. To zatem pewna ilość źródeł oraz miejsc powiązanych ze sobą systemem transportu, w których przepływają strumienie produktów i ludzi – aktywizowane, sterowane oraz monitorowane przez strumienie informacji [Ciesielski, 2002, s. 5–8].

Głównym problemem funkcjonowania sieci logistycznej jest ustalenie, w jaki sposób należy przemieszczać obiekty przy wykorzystaniu dostępnych zasobów, aby uzyskać maksymalną efektywność funkcjonowania systemu logistycznego. Aby rozwiązać ten problem, należy odpowiednio skonfigurować sieć logistyczną według określonej liczby terminali i korytarzy transportowych, uwzględniając przy tym szeroką gamę czynników ekonomicznych i technologicznych [Szyszka, 2008, s. 16].

W tym kontekście coraz ważniejsze okazują się elementy składowe sieci logistycznych, które służą do gromadzenia i wymiany informacji celem sprawnego zarządzania siecią przy użyciu intermodalnej infrastruktury logistycznej, co wiążę się z kolei z potrzebą budowania elektronicznych platform logistycznych [Bieńskowska., Ropuszyńska-Surma, 2013, s. 5–6]. Na strukturę relacji pomiędzy podmiotami gospodarczymi oddziałuje wiele czynników, w tym stopień koncentracji przestrzennej firm oraz szanse na korzystanie ze wspólnej infrastruktury logistycznej, również w zakresie rozwiązań informatycznych [Fechner, 2007, s. 16–17].

Sieć logistyczna składa się z powiązanych ze sobą łańcuchów dostaw, w których zachodzą dynamicznie zmieniające się procesy biznesowe. Zarządzanie siecią logistyczną koordynuje przebieg kluczowych relacji biznesowych różnych uczestników sieci. Sprawne funkcjonowanie sieci wymaga zintegrowania procesów przy uwzględnieniu interesów wszystkich jej uczestników. Poziom integracji procesów uzależniony jest od poziomu wzajemnego zaufania uczestników [Szymczak, 2002, s. 5–8].

Współpraca przedsiębiorstw zorganizowanych w sieć powoduje, że złożoność realizowanych zadań wzrasta, dlatego tez pojawia się konieczność ich koordynowania. Z relacji pomiędzy elementami sieci i wobec poszczególnych partnerów wyłania się zazwyczaj jedno lub grupa przedsiębiorstw pełniących rolę dominującą. Pojawia się również pojęcie sieci dostaw (rys. 1.6), które są rodzajem sieci gospodarczych, w których grupa niezależnych firm konkuruje i kooperuje ze sobą w celu poprawy sprawności i efektywności przepływu produktów i informacji zgodnie z oczekiwaniami klientów. Nazwa sieć dostaw często jest zamiennie używana z określeniem zintegrowany łańcuch dostaw, stanowi również synonim pojęcia sieć logistyczna.



Rysunek 1.6. Układ graficzny sieci dostaw
Źródło: (www.czasopismologistyka.pl/archiw/mt0102/f_rys_4.gif&imgrefurl)

Sieci logistyczne stanowią alternatywę dla klasycznych biznesowych relacji między firmami lub pełnej integracji pionowej. W praktyce można przyjąć, że stanowią one formę częściowej integracji pionowej, gdyż firma nie zdaje się w całości na zewnętrznych dostawców i/lub dystrybutorów, ale także nie usiłuje się stać samodzielnym producentem w sektorze działalności swych klientów. Członkowie sieci nie są zwykle bezpośrednimi konkurentami, co oznacza, że ich wkład ma komplementarny charakter. Takie przedsięwzięcia ograniczają koszty transakcyjne partnerów oraz zwiększają ich efektywność z uwagi na ograniczenie kosztów stałych. Pozwalają również na doskonalenie przewag konkurencyjnych w tych obszarach łańcucha wartości, w których są najlepsi [Cygler, 2002, s. 88-89].

Tworzenie sieci dostaw to projektowanie, dobieranie i integrowanie poszczególnych ogniw w sieci, jak również koordynowanie i synchronizowanie ich działania. To budowanie więzi i zależności między przedsiębiorstwami, które stają się uczestnikami sieci dostaw [Odlanicka-Poczobutt, Szmal, 2008, s. 169-178].

Występują pewne określone różnice pomiędzy łańcuchem a siecią dostaw. Łańcuch dostaw charakteryzuje współpraca i stałość w relacjach partnerskich, podczas gdy cechą charakterystyczną sieci logistycznych jest rywalizacja oraz chwiejność w relacjach partnerskich. Kolejne różnice wi-

doczne są w ukierunkowaniu sieci oraz łańcuchów dostaw. Sieci są zorientowane na centra logistyczna, podczas gdy łańcuchy na centra dystrybucji. Cechą charakterystyczną łańcuchów dostaw jest stabilność w częstotliwości oraz strukturze dostaw oraz wyraźnie dominuje hierarchiczna struktura organizacyjna. W sieciach logistycznych brakuje przejrzystości w strukturach organizacyjnych, a w odniesieniu do dostaw – charakteryzuje je wysoka częstotliwość oparta na dużej elastyczności sieci.

Sprawne zarządzanie siecią logistyczną funkcjonującą w środowisku biznesowym wymaga komunikujących się między sobą systemów informatycznych uczestników sieci, co uwarunkowane jest wykorzystywaniem globalnych międzybranżowych standardów informacyjnych. Odpowiednie oraz sprawne funkcjonowanie sieci logistycznych zapewnia stosowanie technologii informacyjno-komunikacyjnych, takich jak m.in.:

- GPS (ang. *Global Positioning System*) – działający na podstawie technologii satelitarnej, a wykorzystywany do śledzenia ruchu pojazdów i ładunków w sieciach;
- RFID (ang. *Radio Frequency Identification*) – polegający na zastosowaniu technologii radiowej i elektronicznych transponderów (*tag*) umieszczonych na jednostkach ładunkowych do zdalnego odczytu danych;
- sieci telefonii komórkowych GSM (ang. *Global System for Mobile Telecommunication*) oraz UMTS (ang. *Universal Mobile Telecommunication System*) – wykorzystywanych do komunikacji z pracownikami mobilnymi, ich lokalizacji i transmisji danych.
- EPC (ang. *Electronic Produkt Code*) – system do identyfikacji i śledzenia pojedynczych jednostek towarowych w skali całego globu.

To tylko niektóre z proponowanych rozwiązań, których zastosowanie stymuluje ciągły rozwój i doskonalenie logistyki. Wybrane technologie zostaną przedstawione w kolejnych rozdziałach.

Podsumowując rozważania o łańcuchach i sieciach logistycznych należy jeszcze wspomnieć, że w obszarze zarządzania można wyodrębnić procesy, które będą istotne z punktu widzenia przedsiębiorstwa. Należą do nich:

- zarządzanie relacjami z klientami – pozyskiwanie i utrzymywanie klientów;
- zarządzanie usługami dla klientów – sprawna, satysfakcjonująca klienta obsługa;

- zarządzanie popytem – utrzymywanie równowagi wynikającej pomiędzy zapotrzebowaniem rynku a możliwością jego zaspokojenia;
- realizacja zamówień – sprawne wykonanie zamówienia poprzez integrację produkcji, logistyki i marketingu;
- zarządzanie produkcją – elastyczne dopasowanie produkcji do popytu rynkowego;
- zarządzanie relacjami z dostawcami – dopasowanie dostaw do potrzeb produkcji;
- rozwój produktu – poprzez integrację potrzeb klientów z możliwościami dostawców;
- zarządzanie zwrotami – sprawny odbiór zwrotów od klientów [Brdulak, 2004].

Nie sposób również nie wspomnieć o dominujących obecnie w sieciach koncepcjach outsourcingowych, które sugerują zwrócenie uwagi na zagadnienia związane z lokalizacją centrów dystrybucyjnych, magazynów centralnych oraz punktów przeładunkowych. Istotne znaczenie mają również uwarunkowania geograficzne, stanowiące znaczny wpływ na lokalizację. Firmy zdają sobie sprawę, że oszczędności można osiągnąć poprzez integrację kontroli zapasów z uwzględnieniem dwupoziomowych systemów dystrybucyjnych, zwanych również systemami dystrybucji wielu-sprzedawców-jeden-magazyn [Anily, 1994, s. 451-473].

1.4. Współczesne kierunki rozwoju logistyki – e-logistyka, Smart Logistics, IoT, IoS

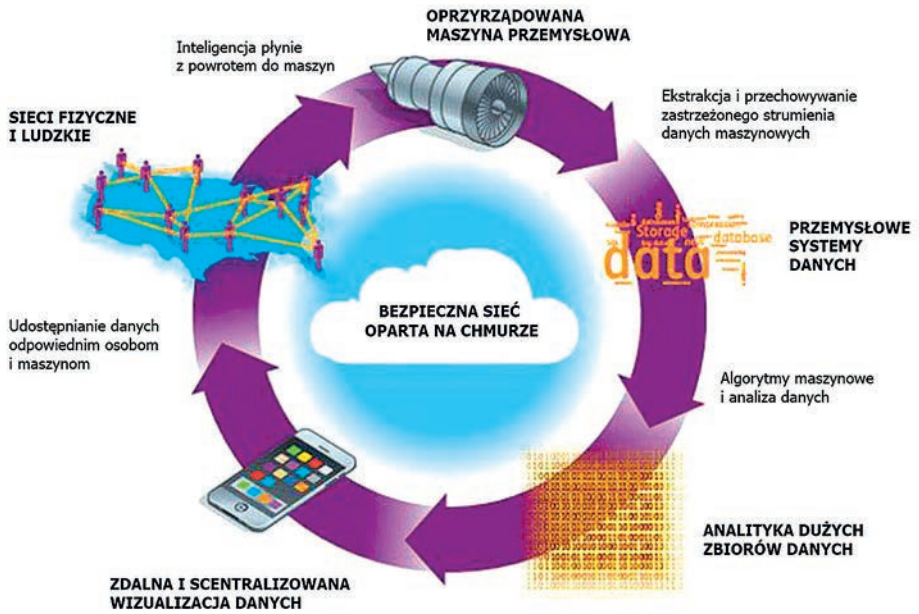
Od kilkunastu lat przeżywamy „rewolucję technologiczną", która w dużym stopniu zmienia sposób życia, myślenia oraz porozumiewania się, stawiając jednocześnie przed nowe, coraz większe wymagania [Gołembska, 2012]. Ich skutkiem są coraz wyraźniej zarysowujące się nowe wyzwania i postulaty współczesnego społeczeństwa kierowane w stronę różnych dziedzin, w tym również logistyki, która odgrywa coraz większą rolę nie tylko w sferze gospodarki, ale przede wszystkim w podnoszeniu jakości życia, funkcjonowania całych społeczeństw [Skowrońska, 2007]. Współczesna logistyka postrzegana jest w ujęciu globalnym i stale rozszerza swoje granice, aby móc skutecznie dostosować się do globalnych wymogów, trendów

i strategii. Permanentnie rosnąca złożoność procesów i działań logistycznych wynikająca z globalnej ekspansji, jak również różnorodnych uwarunkowań generowanych w heterogenicznych częściach świata, powoduje konieczność nie tylko stałego ich doskonalenia, ale też przygotowania nowych często innowacyjnych rozwiązań czy koncepcji [Enarsson, 2006.]. Nie ulega bowiem wątpliwości, że współczesna logistyka musi generować takie zdolności, które pozwolą skutecznie realizować stawiane przed nią zadania w obecnych i perspektywicznych uwarunkowaniach.

Kluczowym czynnikiem wpływającym na przyszłe rozwiązania logistyczne będzie implementacja na rzecz prowadzonych działań nowoczesnych, często innowacyjnych, rozwiązań technicznych i technologicznych z różnych obszarów funkcjonowania gospodarki. Wiedza o najnowszych koncepcjach i rozwiązaniach technicznych oraz umiejętności ich właściwej implementacji na rzecz wprowadzanych działań staje się jednym z zasadniczych elementów sukcesu w obecnych uwarunkowaniach rynkowych. Wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań technologicznych pozwala nie tylko na automatyzację i skrócenie procesów oraz działań logistycznych, ale wpływa również na ich bezpieczeństwo, pozwala na uzyskanie większej elastyczności oraz niezawodności działań. Dodatkowo wprowadzanie nowych technologii w logistyce pozwala na zmniejszenie ujemnego oddziaływania działań i procesów logistycznych na środowisko. Implementacja nowoczesnych rozwiązań technologicznych będzie często wynikiem innowacyjnego podejścia do realizacji nowych zdań i wyzwań logistyki [Bujak, 2014, s. 1702].

Współcześnie rynek pozbawiony wielu barier, w sposób ciągły podnosi poziom konkurencji, wskazując na potrzebę realizacji coraz bardziej efektywnych procesów logistycznych. Zasadnicze wyzwania przed jakimi stoi logistyka to: rekonfiguracja, integracja i optymalizacja całej sieci logistycznej, zmiany w lokalizacji jej elementów, planowanie transportu w wymiarze taktycznym i operacyjnym oraz zarządzanie zapasami. Warto przy tym pamiętać, że świat zmienia się bardzo szybko, to co jest efektywne dzisiaj nie zawsze będzie adekwatnym i dobrym rozwiązaniem jutro. Coraz bardziej zmienny i bardziej dynamiczny rynek, na którym działają współczesne firmy logistyczne sprawia, że skuteczna do tej pory metodologia polegająca na weryfikacji, ewolucji i ciągłym dostosowywaniu jest coraz mniej efektywna. Coraz częściej pojawia się potrzeba wprowadzania innowacyjnych rozwiązań, a więc zmian o charakterze rewolucyjnym, a nie ewolucyjnym.

Szerokie spektrum obecnych, jak również ciągle rozwijanych nowoczesnych technologii, systemów komputerowych, systemów łączności czy inteligentnych rozwiązań w sferze robotyki i automatyki stworzyło podstawy do tworzenia i rozwijania nowoczesnych systemów logistycznych, określanych początkowo jako e-Logistyka [Kulińska, OdlanickaPoczobutt, 2019]. Pojęcie to rozumiane jest poprzez szeroki pryzmat działań systemowych opartych na wykorzystaniu Internetu czy inteligentnych systemów informacyjnych, osadzających się na bazie nowoczesnych technologii elektronicznych, w szczególnym ujęciu tzw. Internetu Rzeczy IoT (ang. *Internet of Things*), czy też inteligentnych sieci sensorycznych (rys. 1.7].



Rysunek 1.7. Internet rzeczy
Źródło: „Internet przemysłowy": M2M dla samolotów, 2012

IoT można zdefiniować jako sieć unikalnych systemów cyberfizycznych współdziałających w celu osiągnięcia wspólnych celów. Dzięki IoT przedsiębiorstwa mogą nadzorować każdy swój produkt w czasie rzeczywistym i zarządzać nim w architekturze logistycznej. Nie tylko nadzorują informacje w łańcuchu dostaw, ale także mogą analizować dane oraz prognozować w przyszłość określając trend lub prawdopodobieństwo jakiś zdarzeń.

Poprawia to zdolność wczesnego reagowania na rynek. Wraz z Internetem usług (ang. *Internet of Services*) umożliwia tworzenie kompleksowych procesów w ramach łańcucha dostaw, realizując filozofię Smart Logistics [Kagermann, Wahlster, Helbig 2013; Creation, 2015].

IoT i IoS wypływają na zarządzanie łańcuchem dostaw, zwiększają skuteczne wykorzystywanie zasobów, przejrzystość łańcucha dostaw oraz możliwość reagowania w czasie rzeczywistym, co skutkuje wysoką elastycznością łańcucha dostaw oraz większą integracją [Sun, 2012]. Przedsiębiorstwa działają kompleksowo i są zdolne do szybkiej adaptacji [Obitko i Jirkovski 2015]. Digitalizacja pozwala na łączenie funkcji łańcucha dostaw zarówno w pionie jak i w poziomie. W połączeniu z zautomatyzowanym transferem danych pozwala udoskonalać systemem planowania produkcji, zintegrowaną obsługę klienta, integrować dane od dostawców, klientów a także partnerów łańcucha [Wegener 2015].

Obecnie Internet jest sposobem komunikacji i niezbędną technologią wykorzystywania informacji. Umożliwia udostępnianie informacji o danych w czasie rzeczywistym i dostępności informacji według potrzeb z dowolnego źródła z każdej części świata. Nowoczesna logistyka jest postrzegana jako rewolucyjna technologia, która może zoptymalizować zarządzanie łańcuchem dostaw i zmienić relacje między dostawcami, firmami i klientami, a także tworzenie sieci i łatwej współpracy między ludźmi i między ludźmi i maszynami.

E-logistyka to dział logistyki, który koncentruje się wokół zastosowania Internetu i informatycznych systemów do pogłębiania integracji i współpracy w łańcuchach oraz sieciach dostaw. Wspomaga procesy planowania, realizowania i nadzorowania skutecznego przepływu materiałów, towarów, informacji. Dotyczy przede wszystkim takich kwestii jak przewidywanie popytu, odbieranie i wykonywania zamówień, nadzorowanie kwestii dotyczącej zapasów magazynowych i gospodarki magazynowej czy obsługi zaopatrzenia. Podstawą rozwoju e-logistyki jest upowszechnienie się e-biznesu, który wykorzystuje nowoczesne technologie informacyjne w zarządzaniu procesami biznesowymi.

Skracaniu ulegają łańcuchy dostawy dzięki braku konieczności wykorzystania niektórych pośredników w kanałach zaopatrzenia. Korzyści z wdrożenia elementów e-logistyki zdecydowanie przewyższają ewentualne ograniczenia, nie mniej jednak należy zdać sobie sprawę, że rozwiązania te

nie należą do najtańszych. Faktem jest natomiast, że odpowiednio wdrożone przyniosą zyski finansowe w dłuższej perspektywie. Globalizacja, otwarte sieci i łańcuchy dostaw, krótkoterminowe powiązania biznesowe oraz współpracy między interesariuszami wymagają technologii objętej koncepcją Industry 4.0, która z kolei wymaga wysokich kosztów [Schelechtendal, Keinert, Kretschmer, Lechler i Verl, 2015].

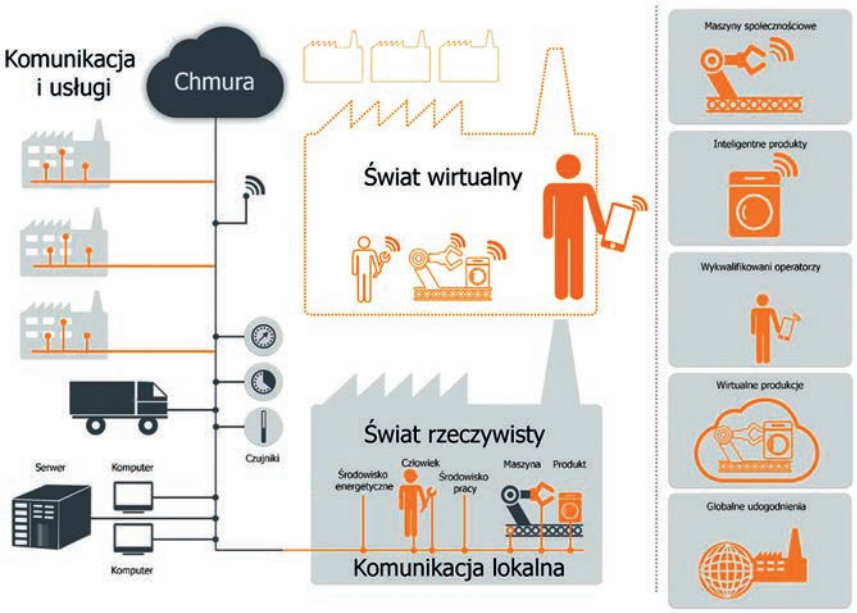
Technologie teleinformatyczne w pewnym stopniu redukują prywatność osób z nich korzystających – rejestrowane są różne sytuacje i czynności. Przykładem może być chociażby zastosowanie systemu lokalizacyjnego GPS – kierowcy mogą być stale nadzorowani przez pracodawców. Interesującym jest również rozwiązanie One-Stop Shop pozwalające na dostarczenie produktów lub usług w jednym miejscu. Ideą jest w sposób sprawny i wygodny przeprowadzić pewne czynności w jednym miejscu co ma zapewnić oszczędność czasu oraz środków finansowych. One stop shopping to również zintegrowany pakiet usług logistycznych jednego dostawcy [Długosz, 2006, s. 19].

Poprawę jakości produktów, firmy osiągają podnosząc ceny produktów, dlatego firmy dostosowują swoją produkcję do indywidualnych potrzeb według zachowań rynku. Dzięki nowatorskim strategiom produkcyjnym, przedsiębiorstwa są łączone w zintegrowane sieci, łącząc swoje podstawowe kompetencje. Dlatego wirtualizacja procesów i łańcuch dostaw zapewniają płynne operacje między przedsiębiorstwami zapewniając dostęp przez internet w czasie rzeczywistym do informacji o produkcji i produktach wszystkim uczestnikom (rys. 1.8). To powoduje, że granice firm ulegają rozmyciu w miarę wymiany systemów autonomicznych, a dane uzyskane przez systemy wbudowane są w całym łańcuchu wartości [Bretlel, Friederichsen, Keller, Rosenberg 2014].

Optymalizacja faz produkcji poprzez wykorzystanie nowych technologii umożliwia produkcję dostosowaną do potrzeb klienta i cech rynku. Każdy rynek charakteryzuje się odpowiednimi potrzebami klientów, dlatego sposób produkcji musi być elastyczny i w czasie rzeczywistym można było reagować na nowe preferencje klienta w zmiany na rynku [Uckelmann, 2008].

Przyszłość logistyki nierozerwalnie wiąże się i wiązać się będzie z coraz bardziej wyrafinowanymi technologiami cyfrowymi, opartymi na inteligentnych łańcuchach przepływu informacji, co w konsekwencji ułatwi

znacznie życie codzienne, kreując jednocześnie szereg nieznanych usług i produktów finalnych [www.handelmiedzynarodowy.info/tsl/e-logistyka-jako-kierunek-rozwoju-logistyki-przyszlosci].



Rysunek 1.8. IoT i IoS w Logistyce 4.0

Źródło: https://www.dtpoland.com/products-services/technologies-areas/software-development-for-cloud-services/

Logistyka 4.0 jest powiązana z tymi samymi warunkami co „Smart Services" i „Smart Products". Tak więc, podejście oparte na technologii służącej do definiowania „inteligentnych produktów" i „inteligentnych usług" służy do zdefiniowania „Smart Logistics". Termin *inteligentny* może się zmieniać w czasie wraz z postępem technologicznym i zmianami technologii w tym czasie. Dlatego termin *inteligentny* zależy od czasu. Mark Weiser człowiek postrzegany jako ojciec wszechobecnych komputerów wskazał na zmiany zależne od terminu *inteligentny*: „Inteligentny dom z 1935 r. miał światło elektryczne w każdym pokoju. „Inteligentny dom" 1955 r. miał telewizor i telefon w każdym pokoju, a „inteligentny dom" z 2005 roku będzie miał komputer w każdym pokoju. Dlatego „Inteligentna Logistyka" zmienia się w zależności od rzeczywistej technologii zmieniającej się w czasie

i konieczne jest zdefiniowanie stanu techniki i technologii, aby wiedzieć, co obejmuje Logistyka 4.0 (Uckelmann 2008). Dlatego należy pamiętać, że używany termin inteligentny w definicji ma czasową konotację i zmienia się wraz z technologią w czasie rzeczywistym. To co dzisiaj rozumiemy jako „Smart Logistics" to system logistyczny, który przez swoją elastyczność dostosowuje się do zmian na rynku i sprawia, że firma będzie bliżej klienta. Umożliwi to podniesienie poziomu obsługi klienta poprzez optymalizację produkcji i obniżenie cen w produkcji i magazynowaniu (Lee, Bagheri i Kao, 2014).

Inteligentne produkty i usługi to te, które mogą wykonywać zadania, wykonywane normalnie przez ludzi. Ponadto, umożliwiają delegowanie działań tak, aby pracownicy mogli się skupić na zadaniach wymagających więcej inteligencji i sprytu niż automatyczne procesy, jakie mogą zapewnić inteligentny produkt lub inteligentna usługa. W dzisiejszych czasach pojęcie inteligentnych produktów, definiuje produkty, które mają zdolność do wykonywania obliczeń, przechowywania danych, komunikowania się i współdziałania z ich środowiskiem począwszy od technologii RFID, która umożliwia identyfikację produktów. Róznego rodzaju sensowy umożliwiają produktom oddziaływanie na fizyczne jednostki w ich środowisku bez interwencji i udziału człowieka [Schmidt, Mohring, Harting, Reichstein, Neumaier i Jozinovic, 2015].

Wśród przykładów inteligentnych produktów można wymienić automatyczne systemy rozpoznające stan magazynu, jego potrzeby serwisowe i generujące komunikaty dotyczące wymagań; drukarki działające tylko z oryginalnymi układami atramentowymi, czy opakowania towaru w łańcuchu chłodniczym wskazujące czy układ nie został przerwany.

Inteligentne usługi natomiast to np. usługi kontrolne, które umożliwiają delegowanie zadań takich jak monitoring, ochrona przed kradzieżą, fałszerstwa; usługi automatycznej oceny ryzyka i szacowaniem wysokości ubezpieczenia zależnie od użytkowania; usługi informacyjne – dostęp online do przetwarzania informacji, czy usługi leasingowe umożliwiające przetwarzanie danych o właścicielu i sposobie użytkowania rzeczy (Uckelmann 2008).

Bez względu na nazewnictwo – czy mowa jest o e-logistyce, czy o inteligentnej logistyce (smart logistics) chodzi o wykorzystanie Internetu Rzeczy i Usług. W czasach przed rozwojem IoT i IoS dostawcy nie mieli niemal żadnej realnej wiedzy na temat tego, co stało się z dostarczonymi przez

nich towarami, jak poradzili sobie z nimi klienci, czy produkty spełniły ich wymagani oraz jak mogłyby być ulepszone. Nie wiedzieli też naprawdę, kiedy poszczególne dobra były nabywane – a można by np. poszukać zależności pomiędzy wzrostem sprzedaży napojów z automatu a dużymi wydarzeniami sportowymi, czy popularnymi programami telewizyjnymi [https://przemysl-40.pl/index.php/2018/11/03/logistyka-4-0-czyli-iot-w-lancuchach-dostaw/].

Elastyczność płynąca z wielomodalnych łańcuchów dostaw wkracza też do świata B2B, gdzie menedżerowie firm przemysłowych są przecież również na co dzień konsumentami i coraz chętniej przenoszą swoje oczekiwania na sytuacje zawodowe. Wymagania te pojawiają się praktycznie w każdej dziedzinie przemysłu, począwszy od elektroniki przez branżę spożywczą, medycynę i farmaceutykę, a kończąc na motoryzacji i wielu innych. Do zwiększenia elastyczności często potrzebne jest ponowne przyjrzenie się organizacji łańcucha dostaw, gdyż osiąganie zadanych celów może wymagać bardziej modularnego podejścia. Przykładowo, producent ciężkiego sprzętu może zdecydować się na zbudowanie niekompletnej jednostki podstawowej, którą wysyła z głównej fabryki, by następnie domontować niektóre elementy dodatkowe w lokalnych placówkach, spełniając tym samym indywidualne oczekiwania klientów.

IoTi S pomaga firmom lepiej wykorzystać swój łańcuch dostaw, poczynając od poprawienia systemów śledzenia, przez monitorowanie jakości produktu i zwiększenie wachlarza produktów oferowanego klientom, a kończąc na rejestrowaniu tego, co dzieje się z produktem po jego zakupie przez klienta końcowego oraz jak te wszystkie informacje mogą zostać użyte by poprawić wrażenia klientów [https://pl.farnell.com/iot-impact-on-supply-chain-management].

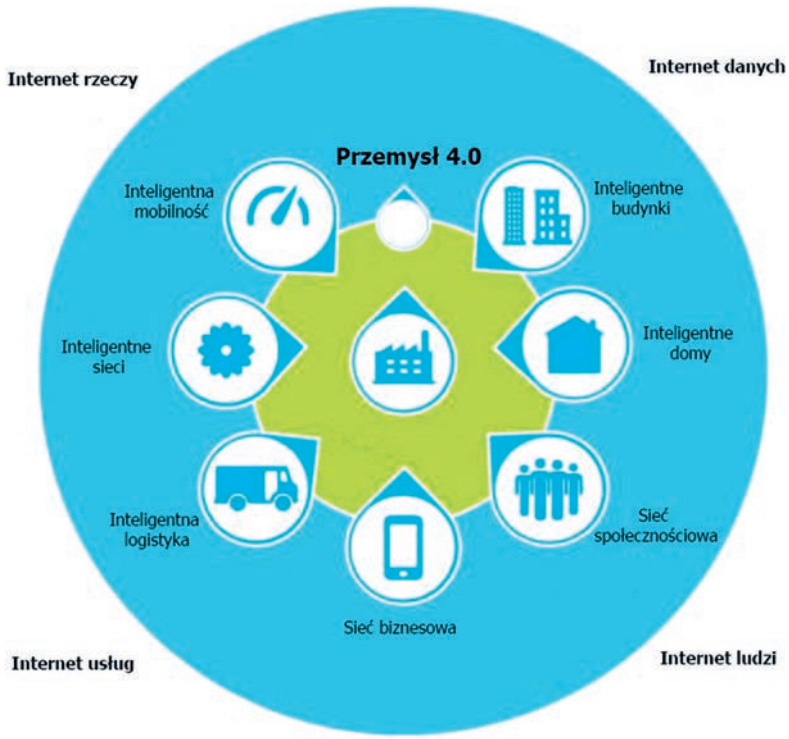
2. CHARAKTERYSTYKA PRZEMYSŁU 4.0

Logistyka 4.0, główny przedmiot zainteresowania w ramach opracowania, powstała w oparciu o koncepcję Przemysłu 4.0, o którym pierwszy raz była mowa w 2011 roku na targach IAA w Hanowerze. Był to wynik kolejnej rewolucji przemysłowej, dlatego istota Przemysłu 4.0 wymaga przedstawienia. Pierwsza rewolucja nastąpiła, gdy w przemyśle zaczęto wykorzystywać siłę pary, druga wraz z wykorzystaniem energii elektrycznej i stworzeniem taśm produkcyjnych. Trzecia rewolucja – nazywana również rewolucją cyfrową – zaczęła się od automatyzacji produkcji i wykorzystania elektroniki na szeroką skalę. W tym rozdziale zostanie omówiony stan wiedzy w Przemyśle 4.0, występujące mega trendy oraz zaprezentowane przykłady wdrożeń rozwiązań w tym obszarze.

2.1. Stan wiedzy w Przemyśle 4.0

Termin Przemysł 4.0, określany w literaturze jako *Industry 4.0*, pojawił się pierwszy raz w 2011 roku na targach w Hanowerze, gdzie stowarzyszenia przedstawicieli biznesu, polityki i środowisk akademickich promowały go jako nową ideę wzmacniania konkurencyjności niemieckiego przemysłu wytwórczego. Rząd niemiecki ogłosił, że będzie on integralną częścią inicjatywy „Strategia wysokiej technologii 2020 dla Niemiec". Powołana w tym celu „Grupa Robocza Industry 4.0" opracowała pierwsze zalecenia wdrożenia tej strategii, opublikowane w kwietniu 2013 roku [Herman, Pentek i Otto, 2015]. Koncepcja Industry 4.0 znalazła szybko zastosowanie w całej Europie. W Stanach Zjednoczonych i literaturze anglojęzycznej na jej określenie używa się często terminów „Internet rzeczy" lub „Internet wszystkiego" (Deloitte, 2014). Koncepcja kreuje świat, w którym współpracują ze sobą systemy wirtualny i fizyczny w sposób całkowicie elastyczny, co pozwala na lepsze dostosowanie produktów do wymagań klienta oraz tworzenie nowych modeli operacyjnych (Sehwab Klaus, 2018).

Rys. 2.1 przedstawia środowisko przemysłu 4.0 opierające się na koncepcji *smart* (inteligentnej).



Rysunek 2.1. Środowisko Industry 4.0
Źródło: Deloitte, 2014

Internet rzeczy, stanowiący istotę Industry 4.0, oznacza wszechstronne połączenie maszyn, produktów, systemów i ludzi, które mogą się komunikować, zarządzać sobą, negocjować na wirtualnym rynku, tworząc ciągłe połączenie między światem wirtualnym a światem fizycznym (Wagner, 2015). Systemy działające na platformie usług będą odgrywać główną rolę w przyszłej produkcji, ponieważ będą najlepszym sposobem na zapewnienie łączności i analizy danych (Bosch, 2016). Internet rzeczy można opisać jako: kontakt między przedmiotami (produktami, usługami, miejscami itd.) a ludźmi, umożliwiany przez powiązane technologie oraz różne platformy (Schwab Klaus, 2018).

Na rynku pojawia się coraz więcej środków pozwalających na połączenie fizycznych przedmiotów z wirtualnymi sieciami. Są coraz mniejsze, tańsze i dające coraz większe możliwości. Znajdują zastosowanie w domach, ubraniach i akcesoriach, miastach, transporcie, w sieciach energetycznych, a także w procesach produkcyjnych. Na dzień dzisiejszy mamy miliardy urządzeń połączonych z Internetem, a w ciągu najbliższych lat, według różnych szacunków liczba ta ma wzrosnąć od kilku miliardów nawet do biliona urządzeń. Taki wzrost radykalnie wpłynie na zmianę sposobu zarządzania łańcuchami dostaw, pozwalając na monitorowanie i optymalizację aktywów i działań już na najniższym poziomie. Proces ten będzie miał bardzo duży wpływ na wszystkie branże, od produkcyjnej po opiekę zdrowotną.

Termin Przemysł 4.0 kojarzy się z wizją „Inteligentnej fabryki" przy współudziale „Inteligentnej logistyki". Oznacza zatem inteligentne osadzenie produktów w procesach cyfrowych i fizycznych. Procesy cyfrowe i fizyczne tworzą interakcje pomiędzy granicami i organizacjami (Schmidt, Mohring, Harting, Reichstein, Neumaier i Jozinocic, 2015).

Mająca obecnie miejsce IV rewolucja przemysłowa to nie tylko inteligentne i sprzężone ze sobą maszyny i systemy. Jej znaczenie i zakres są znacznie szersze. Przemysł 4.0 wyzwala fale kolejnych przełomowych zmian w różnych obszarach jak np. sekwencjonowanie genów, nanotechnologie, recykling czy komputery kwantowe. Połączenie tych technologii oraz wywołane przez nie interakcje w obszarach fizycznych, cyfrowych oraz biologicznych pokazują, że obecna rewolucja przemysłowa jest fundamentalnie inna od swoich trzech poprzedniczek (Schwab Klaus, 2018).

Transformacja przemysłu do modelu 4.0 jest niezwykle istotną zmianą również z punktu widzenia organizacji i procesów. Rola człowieka znacząco się zmienia. Osoby, które dotychczas podejmowały kluczowe decyzje i były odpowiedzialne za koordynowanie procesu produkcji będą musiały przejść do nowej roli – zmienić podejście i wykształcić nowe umiejętności w zakresie definiowania procesów, programowania procedur oraz przekazania inicjatywy maszynom. Ich nową rolą będzie nadzorowanie procesów. Zmiana taka może okazać się niezwykle trudna ze względu na bardzo duże różnice pokoleniowe osób w niej uczestniczących (PwC.www.pwc.pl).

Pod pojęciem Przemysł 4.0 kryje się także ujednolicenie świata rzeczywistego maszyn produkcyjnych ze światem wirtualnym Internetu oraz technologii informacyjnej. Ludzie, maszyny i systemy informatyczne auto-

matycznie wymieniają miedzy sobą informacje w trakcie produkcji zarówno w obrębie fabryki jak i w obrębie różnych systemów informatycznych, które działają w przedsiębiorstwie. Industry 4.0 dotyczy całego łańcucha wartości: od momentu złożenia zamówienia i dostarczenia potrzebnych części dla trwającej produkcji, aż do chwili wysyłki produktów do klientów oraz usług posprzedażowych. Środowisko przemysłu 4.0 wspiera pracowników jak nigdy wcześniej, zapewniając dostęp do możliwie każdej informacji przydatnej w danej chwili, z dowolnego miejsca, co daje możliwość produkcji zindywidualizowanych produktów i krótkich serii. Wdrażając przemysł 4.0 można obniżyć koszty produkcji, w sposób elastyczny odpowiadać na potrzeby klientów i w ten sposób zwiększyć przewagę nad konkurencją (przemysł -4.0, 2017).

Najnowsze, innowacyjne systemy produkcyjne nie dość, że wykazują wyższy stopień integracji funkcjonalnej, to także generują dane, które są później łatwo dostępne i przez to użyteczne. Przemysł 4.0 pozwala na tworzenie nowych modeli biznesowych. Kluczem jest ich dostrzeżenie, wdrożenie oraz wykorzystanie korzyści ekonomicznych, jakie oferują (http://przemysl-40.pl 2017)

Dzięki badaniom jakie przeprowadziła organizacja Price Waterhouse Coopers (PwC) można określić 6 wyzwań dla przedsiębiorstw oraz korzyści (rys. 2.2, 2.3) jakie mogą przynieść:

1. **Przemysł 4.0 = większe przychody**
   Szybkie i sprawne wprowadzenie rozwiązań IV rewolucji przemysłowej spowoduje przewagę nad konkurencją i podwyższenie przychodów o 30% oraz zmniejszenie kosztów prowadzenia działalności o takich sam procent.
2. **Skokowy wzrost efektywności**
   Nastąpi spadek kosztów operacyjnych od 3,6% w skali roku, co przełoży się na 421 mld $ rocznie.
3. **Pogłębienie relacji z klientem**
   Pogłębianie relacji z klientem może następować np. poprzez:
   - Rozwijanie produktu/ usługi w oparciu o specyfikacje klienta.
   - Innowacje w ramach obsługi klienta.
   - Wykorzystywanie analizy danych w celu sprostania wymaganiom klienta i poprawie efektywności.
   - Dostosowywanie produktów aż do serii po jednej sztuce.

- Budowanie łańcucha dostaw skoncentrowanego na kliencie.

4. **Zmiana organizacyjna firmy**
   Cyfrowa transformacja oraz powstające ekosystemy urządzeń forsują zmianę modeli organizacyjnych firm. Brak cyfrowej kultury i szkoleń oraz aspekty związane z kierownictwem i kompetencjami to największe wyzwanie dla firm.
5. **Analityka danych — pomoc w podejmowaniu decyzji**
   Przedsiębiorstwa mają przed sobą długą i trudną drogę do osiągnięcia zaawansowanych zdolności analitycznych. Jednak ogromna ilość danych i informacji stanowiących jeden z fundamentów IV rewolucji przemysłowej sprawiają, że bez odpowiednich narzędzi analitycznych są one bezwartościowe. Zgromadzone i skutecznie analizowane dane mogą znacznie usprawnić proces podejmowania decyzji w firmach.
6. **Wielkie inwestycje**
   Przemysł 4.0 to nie tylko zakup nowych technologii. To całościowa, czasochłonna przebudowa istniejącej w przedsiębiorstwach kultury organizacyjnej oraz kompleksowe szkolenia pracowników. Taka metamorfoza wymaga opracowania i konsekwentnego wdrażania przez lata przyjętych założeń.
   Przedsiębiorstwa, które nie wprowadzają zmian zachodzących z IV rewolucją przemysłową są narażone na zostanie w tyle za liderami przemian. Może się to skończyć tym, że doścignięcie najbardziej zaawansowanych technologicznie i organizacyjnie konkurencji będzie wymagało ogromnych środków i błyskawicznych zmian. Przedsiębiorstwa takie będą także mniej atrakcyjne dla potencjalnych inwestorów i mogą mieć trudności z pozyskiwaniem kapitału (https://www.pwc.pl przemysl-4-0-raport).
   Teoretycznie wszystko wydaje się być osiągalne, ale możliwość pojawienia się trudności w praktyce jest bagatelizowana. W wielu przypadkach koszt uzyskania i utrzymania systemu zgodnego z Industry 4.0 znacznie przekracza jego użyteczność. Można wyróżnić kilka powodów, dla których systemy takie są nieoptymalne w stosunku do konwencjonalnych:
   - **Złożoność konfiguracji**
     Przedsiębiorstwa nie doceniają kosztów oraz złożoności tworzenia nowoczesnych systemów. Zakup czujników, koszty programowania

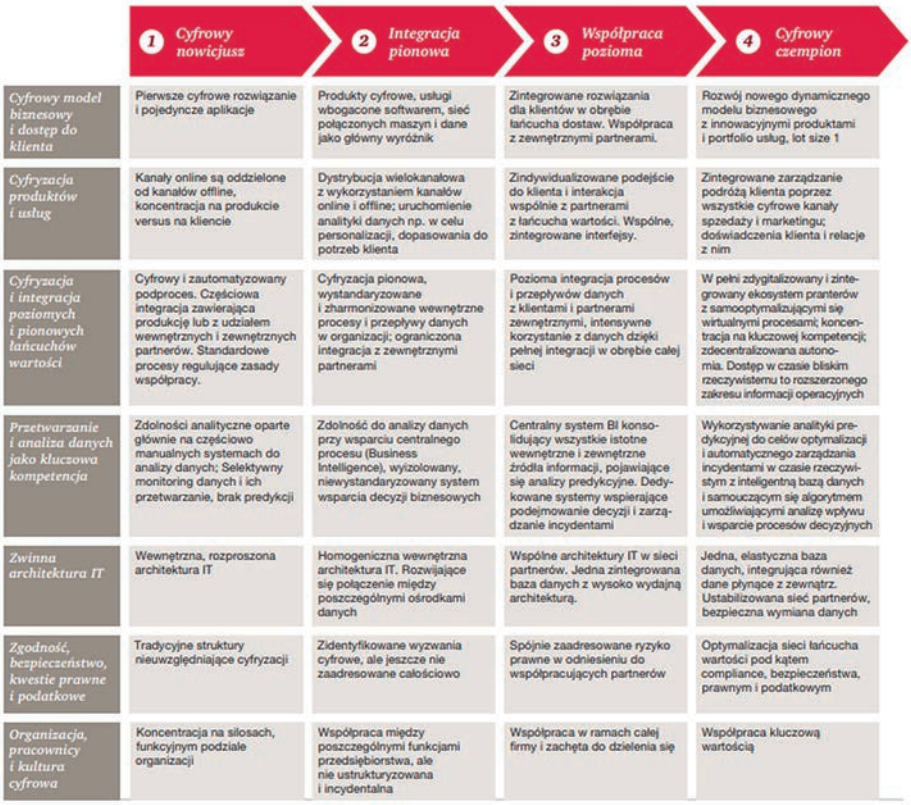
i debugowania interfejsu łączącego maszyny z nadrzędnym oprogramowaniem to bardzo kosztowne przedsięwzięcie.

- **Trudność w rozumieniu danych**
  Duża ilość danych, nie oznacza, że potrzebne informacje zostały zebrane. Nadmiar informacji może spowodować problem z odfiltrowaniem tych najbardziej istotnych.
- **Złożoność korzystania z danych**
  Posiadanie dobrych danych jest bardzo pomocne, jednak trzeba z nich potrafić korzystać. W wielu fabrykach może dochodzić do zmarnowania potencjału, jaki posiadają dane lub może on być wykorzystany w znacznie mniejszym stopniu. Komputery nie rozwiążą wszystkich problemów w fabryce, przeciwnie będą one nadal występować, przy czym może się okazać, że będą trudniejsze do zrozumienia, zapobiegania i rozwiązania.
- **Brak ekonomii skali**
  Tworząc nowy system produkcyjny w jednym miejscu, trzeba się liczyć z tym, że chcąc stworzyć podobny w innym miejscu trzeba będzie tworzyć go całkowicie od nowa. Trudno jest poddać recyklingowi narzędzia programowe bez znaczących przeróbek tak, aby dopasować nowe informacje pochodzące z czujników w nowym przedsiębiorstwie (lean.org.pl.).

Istnieje sześć etapów wprowadzenia Industry 4.0 w przedsiębiorstwie (PwC. www.pwc.pl.):

1. **Strategia**
   Podstawą od której należy zacząć jest stworzenie strategii związanej z Industry 4.0. Aby ją zbudować trzeba określić stopień zaawansowania technologicznego firmy i wyznaczyć priorytety na następne 5 lat. Należy znaleźć i wykorzystać mocne strony organizacji jako fundamenty, na których można oprzeć kompleksową przebudowę.
2. **Projekty pilotażowe**
   Wdrożenie przemysłu 4.0 to bardzo rozbudowany i kompleksowy projekt, generujący sporo wyzwań. Dodatkowym problemem mogą być trudności z pozyskiwaniem finansowania na ten cel, tym bardziej, że osoby odpowiedzialne za wdrożenie nowych rozwiązań będą początkowo miały ograniczone możliwości zaprezentowania efektów swojej

pracy. Rozwiązaniem powyższych problemów mogą być projekty pilotażowe. Nie każdy musi się zakończyć pełnym sukcesem, ale zgromadzona w trakcie trwania wiedza może okazać się bezcenna.



	1 Cyfrowy nowicjusz	2 Integracja pionowa	3 Współpraca pozioma	4 Cyfrowy czempion
Cyfrowy model biznesowy i dostęp do klienta	Pierwsze cyfrowe rozwiązanie i pojedyncze aplikacje	Produkty cyfrowe, usługi wbogacone softwarem, sieć połączonych maszyn i dane jako główny wyróżnik	Zintegrowane rozwiązania dla klientów w obrębie łańcucha dostaw. Współpraca z zewnętrznymi partnerami.	Rozwój nowego dynamicznego modelu biznesowego z innowacyjnymi produktami i portfolio usług, lot size 1
Cyfryzacja produktów i usług	Kanały online są oddzielone od kanałów offline, koncentracja na produkcie versus na kliencie	Dystrybucja wielokanałowa z wykorzystaniem kanałów online i offline; uruchomienie analityki danych np. w celu personalizacji, dopasowania do potrzeb klienta	Zindywidualizowane podejście do klienta i interakcja wspólnie z partnerami z łańcucha wartości. Wspólne, zintegrowane interfejsy.	Zintegrowane zarządzanie podróżą klienta poprzez wszystkie cyfrowe kanały sprzedaży i marketingu; doświadczenia klienta i relacje z nim
Cyfryzacja i integracja poziomych i pionowych łańcuchów wartości	Cyfrowy i zautomatyzowany podproces. Częściowa integracja zawierająca produkcję lub z udziałem wewnętrznych i zewnętrznych partnerów. Standardowe procesy regulujące zasady współpracy.	Cyfryzacja pionowa, wystandaryzowane i zharmonizowane wewnętrzne procesy i przepływy danych w organizacji; ograniczona integracja z zewnętrznymi partnerami	Pozioma integracja procesów i przepływów danych z klientami i partnerami zewnętrznymi, intensywne korzystanie z danych dzięki pełnej integracji w obrębie całej sieci	W pełni zdygitalizowany i zintegrowany ekosystem pranterów z samooptymalizującymi się wirtualnymi procesami; koncentracja na kluczowej kompetencji; zdecentralizowana autonomia. Dostęp w czasie bliskim rzeczywistemu to rozszerzonego zakresu informacji operacyjnych
Przetwarzanie i analiza danych jako kluczowa kompetencja	Zdolności analityczne oparte głównie na częściowo manualnych systemach do analizy danych; Selektywny monitoring danych i ich przetwarzanie, brak predykcji	Zdolność do analizy danych przy wsparciu centralnego procesu (Business Intelligence), wyizolowany, niewystandaryzowany system wsparcia decyzji biznesowych	Centralny system BI konsolidujący wszystkie istotne wewnętrzne i zewnętrzne źródła informacji, pojawiające się analizy predykcyjne. Dedykowane systemy wspierające podejmowanie decyzji i zarządzanie incydentami	Wykorzystywanie analityki predykcyjnej do celów optymalizacji i automatycznego zarządzania incydentami w czasie rzeczywistym z inteligentną bazą danych i samouczącym się algorytmem umożliwiającymi analizę wpływu i wsparcie procesów decyzyjnych
Zwinna architektura IT	Wewnętrzna, rozproszona architektura IT	Homogeniczna wewnętrzna architektura IT. Rozwijające się połączenie między poszczególnymi ośrodkami danych	Wspólne architektury IT w sieci partnerów. Jedna zintegrowana baza danych z wysoko wydajną architekturą.	Jedna, elastyczna baza danych, integrująca również dane płynące z zewnątrz. Ustabilizowana sieć partnerów, bezpieczna wymiana danych
Zgodność, bezpieczeństwo, kwestie prawne i podatkowe	Tradycyjne struktury nieuwzględniające cyfryzacji	Zidentyfikowane wyzwania cyfrowe, ale jeszcze nie zaadresowane całościowo	Spójnie zaadresowane ryzyko prawne w odniesieniu do współpracujących partnerów	Optymalizacja sieci łańcucha wartości pod kątem compliance, bezpieczeństwa, prawnym i podatkowym
Organizacja, pracownicy i kultura cyfrowa	Koncentracja na silosach, funkcyjnym podziale organizacji	Współpraca między poszczególnymi funkcjami przedsiębiorstwa, ale nie ustrukturyzowana i incydentalna	Współpraca w ramach całej firmy i zachęta do dzielenia się	Współpraca kluczową wartością

Rysunek 2.2. Model PwC dojrzałości cyfrowej organizacji – kompetencje Industry 4.0 rozwijane w siedmiu wymiarach i czterech etapach

Źródło: https://www.pwc.pl/pl/pdf/przemysl-4-0-raport.pdf

3. **Precyzyjne określenie potrzeb i zasobów**

Należy zdefiniować, w oparciu o przeprowadzone projekty pilotażowe, zasoby, jakie będą niezbędne do dalszych działań. Istotne także jest wskazanie kluczowych elementów dla pomyślnego wprowadzenia nowego modelu biznesowego, który będzie oparty o technologie oraz dokonanie wewnętrznej transformacji cyfrowej. Do przeprowadzenia tych działań może okazać się pomocna analiza czterech ważnych aspektów: organizacyjnego, zasobów ludzkich, organizacji procesów oraz technologii.

Rysunek 2.3. Możliwości wdrożenia Industry 4.0 w układzie pionowym i poziomym
Źródło: https://www.pwc.pl/pl/pdf/przemysl-4-0-raport.pdf

4. **Nauka analityki danych**
   Skuteczna analiza zebranych danych to klucz do pełnego wykorzystania możliwości płynących z Przemysłu 4.0. Należy określić gdzie i w jaki sposób umocowany proces będzie przebiegał w przedsiębiorstwie. Na początku ułatwieniem mogą być specjalnie w tym celu powołane wielofunkcyjne zespoły ekspertów. Po stworzeniu kompleksowego modelu procesy analityczne powinny być wkomponowane w strukturę organizacji. Na tym etapie należy też stworzyć procedury zarządzania zebranymi danymi. Fundamentalne znaczenie ma też wybór odpowiedniej platformy umożliwiającej analizę zgromadzonych danych. Najlepszym rozwiązaniem byłoby jedno zintegrowane rozwiązanie.
5. **Budowa odpowiedniej kultury**
   Fundamentem nowego porządku w firmie powinna być współpraca, wyrastająca ponad istniejące struktury i podziały. Istotne jest także wyraziste przywództwo, zaangażowani menadżerowie wyznaczający cele i wspierający swoich podwładnych.
6. **Tworzenie ekosystemu**
   Wprowadzone zmiany związane z Industry 4.0 wykraczają poza integrację pionowych i poziomych łańcuchów wewnątrz organizacji.

Bardzo ważne jest opracowanie kompleksowych rozwiązań w zakresie produktów i usług dla klientów. W przypadku kiedy firma nie jest w stanie tego uczynić, należy nawiązać współpracę z zewnętrznymi partnerami lub wykorzystać stworzone w tym celu platformy.

2.2. Megatrendy Industry 4.0

Przełomy naukowe i generowane przez nie nowości technologiczne rozwijają się na wielu płaszczyznach i w wielu miejscach. Istnieje sporo organizacji zajmujących się zestawianiem list rankingowych różnych technologii, które mogą stać się siłami napędowymi IV rewolucji przemysłowej. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Światowe Forum Ekonomiczne, można wyróżnić kilka głównych sił, które mają największy wpływ na nową rewolucję przemysłową. Można wyróżnić i zidentyfikować główne megatrendy skupiające szeroki wachlarz czynników technologicznych napędzających IV rewolucję przemysłową. Są to:

— Megatrendy fizyczne
— Megatrendy cyfrowe
— Megatrendy biologiczne

Każdy z tych trendów jest z kolejnym mocno powiązany, a różne technologie mogą korzystać z siebie nawzajem dzięki nowym odkryciom i postępom w każdym z wymienionych zakresów (Schwab Klaus, 2018).

2.2.1. Megatrendy fizyczne

Fizyczny charakter technologicznych megatrendów objawia się najbardziej w czterech podstawowych zakresach, którymi są:

— ***pojazdy autonomiczne***,
— ***druk 3D***,
— ***zaawansowana robotyzacja***,
— ***nowe materiały***.

Funkcjonowanie obecnie wielu ***autonomicznych pojazdów*** takich jak: ciężarówki, drony, samoloty czy łodzie, związane jest z postępem technologii w szczególności w sektorze czujników i sztucznej inteligencji. W efekcie – możliwości tych pojazdów będą rozwijane w błyskawicznym tempie. W naj-

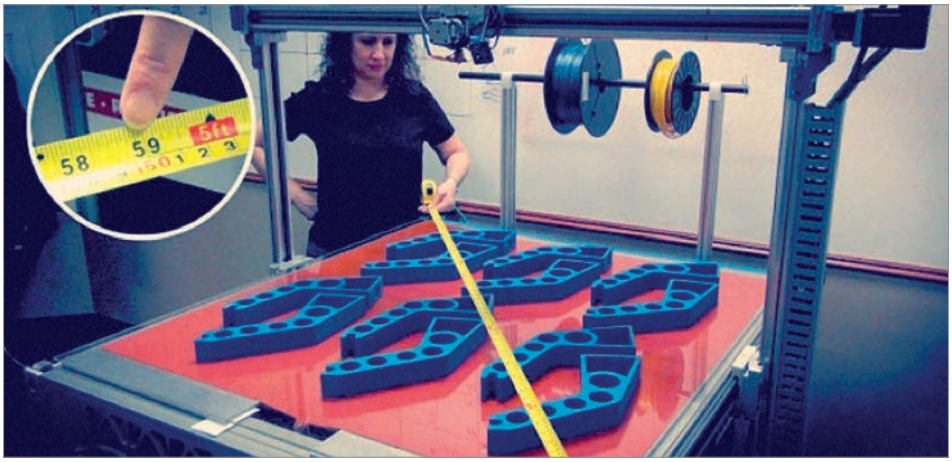
bliższej przyszłości z pewnością dostępne coraz powszechniej drony i inne pojazdy znajdą różnorodne zastosowania (Schwab Klaus, 2018). Przykład autonomicznego pojazdu pojazdu firmy Google przedstawiono na rysunku 2.4.

Rysunek 2.4. Autonomiczny pojazd firmy Google
Źródło: Deloitte, 2014

Produkty wyprodukowane techniką ***druku 3D*** mają istotną przewagę nad produkcją masową – można je w bardzo łatwy sposób dostosować do indywidualnych potrzeb. Druk 3D – inaczej druk przestrzenny, polega na tworzeniu realnego przedmiotu przez drukowanie kolejnych jego warstw. Proces ten opiera się na cyfrowym trójwymiarowym rysunku lub modelu. Do tej pory produkcja takich przedmiotów wyglądała odwrotnie – to z materiału usuwało się warstwy i części aż do uformowania oczekiwanego kształtu. Technologia staje się uniwersalna – można przy jej udziale produkować wielkie gabaryty, jak na przykład turbiny wiatrowe lub małe elementy, przykładowo implanty medyczne (Schwab Klaus, 2018). Przykład dużej drukarki 3D zamieszczono na rysunku 2.5.

Zakłada się, że druk 3D będzie stopniowo pokonywał obecne bariery, takie jak wielkość, koszt czy szybkość druku i będzie się stopniowo upowszech-

niał. W niedalekiej przyszłości będzie możliwe drukowanie zintegrowanych części elektronicznych, czy nawet ludzkich komórek i organów. Już teraz trwają pracę nad drukiem 4D – procesem, który byłby w stanie wyprodukować nową generację innowacyjnych produktów samoistnie reagujących na zmiany w otaczającym je środowisku, na przykład na temperaturę lub wilgoć. Taka technologia znalazłaby zastosowanie w przemyśle odzieżowym jak i medycznym.



Rysunek 2.5. Przykład dużej drukarki 3D
Źródło: Deloitte, 2014

Zaawansowana robotyzacja to kolejny zakres wykorzystywania megatrendów fizycznych – roboty, do tej pory głównie używane w konkretnych branżach jak choćby motoryzacyjnej, zaczynają być wykorzystywane we wszystkich sektorach i do najróżniejszych zadań. Szybkie postępy w dziedzinie robotyki doprowadzą do sytuacji, gdzie współpraca między maszynami a ludźmi będzie codziennością. Roboty z dnia na dzień stają się coraz bardziej rozwinięte i elastycznie się adaptują. Przykład zastosowania nowoczesnego robota w magazynach firmy Puma zamieszczono na rysunku 2.6.

Postęp w sektorze czujników sprawia, że roboty są w stanie rozumieć swoje środowisko i mieć z nim lepszą interakcję, przez co mogą wykonać znacznie więcej operacji. Na tę chwilę maszyny mają dostęp do informacji na odległość, na przykład przez chmurę i w taki sposób mogą współdziałać z innymi robotami. Zmniejsza się jednocześnie rola człowieka w tych procesach (Schwab Klaus, 2018).

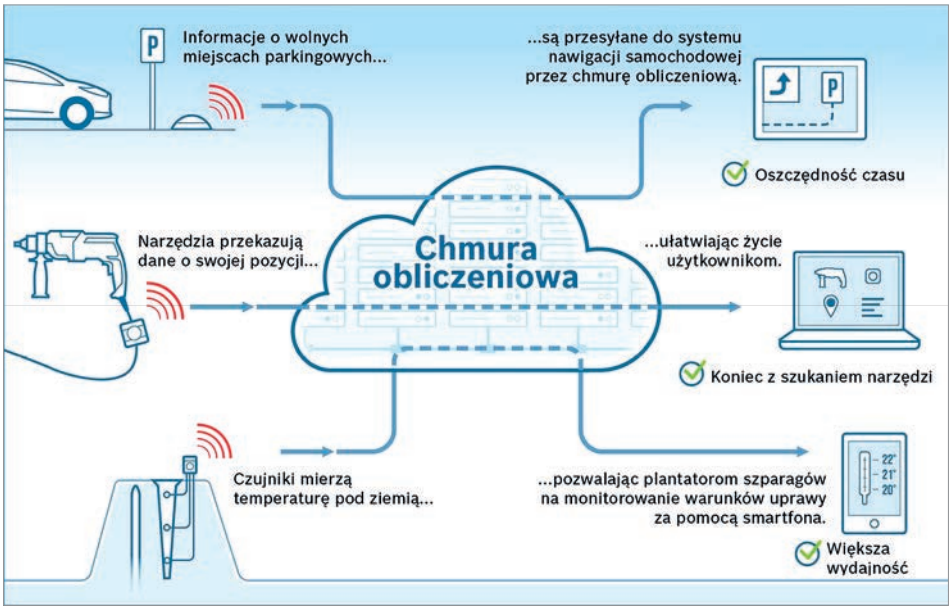
Rysunek 2.6. Przykład nowoczesnego robota pracującego w magazynach firmy Puma
Źródło: Deloitte, 2014

Na rynku pojawiają się również ***nowe materiały***, posiadające cechy które były nieosiągalne jeszcze kilka lat temu. Są lżejsze, wytrzymalsze i nadają się do recyklingu oraz adaptacji. Nowe materiały idą w parze z nowymi zastosowaniami. Inteligentne materiały są w stanie same się łączyć, oczyszczać, wracać do pierwotnego kształtu czy tak jak w przypadku ceramiki i kryształów zamieniać ciśnienie w energię.

2.2..2. Megatrendy cyfrowe (Internet rzeczy)

Obecnie korzystamy z bardzo wielu urządzeń połączonych z Internetem, a w ciągu najbliższych lat liczba ta z pewnością wzrośnie. Jednym z popularnych przykładów na zastosowanie Internetu Rzeczy jest *zdalny monitoring*. Specjalne czujniki, przekaźniki lub naklejki do identyfikacji za pomocą fal radiowych można obecnie zamontować do każdej paczki, palety, czy kontenera, dzięki czemu firma może śledzić, gdzie jest przesyłka na każdym etapie łańcucha dostaw, jak funkcjonuje, w jaki sposób jest używana itd. Po drugiej stronie są klienci, którzy mogą stale obserwować dro-

gę zamówionej paczki. Jest to bardzo pomocne rozwiązanie, zwłaszcza dla firm, które obsługują skomplikowane i długie łańcuchy dostaw (Schwab Klaus, 2018). Na rysunku 2.7 przedstawiono przykład wykorzystania Internetu Rzeczy poprzez wykorzystanie chmury obliczeniowej do wielu zastosowań.



Rysunek 2.7. Przykład wykorzystania Internetu Rzeczy
Źródło: Deloitte, 2014

Cyfrowa rewolucja przyniosła ze sobą również nowe sposoby kontaktów, interakcji i współpracy pomiędzy jednostkami i instytucjami. Doskonałym przykładem jest *blockchain*, inaczej nazywany rozproszonym rejestrem. Jest to zabezpieczony protokół, w którego ramach sieć komputerów kolektywnie weryfikuje transakcję, zanim zostanie ona zapisana i zatwierdzona. Technologia za niego odpowiedzialna jest na tyle godna zaufania, że umożliwia współpracę między ludźmi, którzy się nie znają i nie mają podstaw, żeby sobie ufać. Nie ma potrzeby odwoływania się do neutralnego generalnego autorytetu, czyli kuratora bądź centralnego rejestru. Innymi słowy, blockchain to współdzielony, programowalny, kryptograficznie zabezpieczony, a zatem godny zaufania rejestr, którego nie kontroluje żaden pojedynczy użytkownik, a który może być przez każdego sprawdzony. Najlepszy

przykład zastosowania blockchaina to na tę chwilę bitcoin, jednak technologia ta otworzy wkrótce wiele nowych możliwości. Jeżeli w chwili obecnej blockchain jest w stanie zapisywać transakcje finansowe dokonywane za pomocą walut cyfrowych takich jak bitcoin, to w przyszłości będzie mógł się sprawdzić jako rejestr najróżniejszych rzeczy, przykładowo: aktów urodzeń/zgonów, tytułów własności, dyplomów, roszczeń ubezpieczeniowych, głosów wyborczych itp. Praktycznie będzie to dotyczyć każdego rodzaju transakcji, którą można wyrazić w postaci kodu.

Wspomnianym wcześniej istotnym trendem cyfrowym są również *cyfrowe platformy technologiczne*, które umożliwiły powstanie gospodarki na żądanie, inaczej nazywanej gospodarką współdzielenia. Platformy te są stosunkowo proste w użyciu – gromadzą ludzi, aktywa i dane, tworząc zupełnie nowe sposoby użytkowania towarów i usług. Model Ubera idealnie wpisuje się w charakterystykę takich platform technologicznych i pokazuje jak bardzo są silne. Szybko się mnożą i oferują nowe usługi: zakupy, parkingi, noclegi czy podróże samochodowe na dalekich trasach. Wszystkie te platformy łączy jedna rzecz – stosunkowo przystępny cenowo sposób działania dopasowuje do siebie popyt i podaż. Dostarczają konsumentom różne towary i pozwalają obu stronom na interakcję oraz informacje zwrotne, a to skutkuje tym, że zyskują coraz większe zaufanie.

Dzięki cyfrowym platformom możliwe jest bardziej efektywne użycie aktywów, które do tej pory nie były szerzej wykorzystywane takich jak: miejsca w samochodzie, wolny pokój, łącze między detalistą a producentem czas i umiejętności pozwalające na świadczenie usług itp. Platformy cyfrowe zmniejszyły koszty transakcji oraz kosztów ponoszonych, gdy jednostki lub organizacje wspólnie korzystają z aktywów lub świadczą usługi. Transakcje mogę być dzielone na mniejsze fragmenty, co oznacza zysk dla każdej z zaangażowanych stron. Dodatkowo podczas korzystania z platform cyfrowych koszty krańcowe produkcji każdego dodatkowego towaru lub usługi zbliżają się do zera (Schwab Klaus, 2018).

2.2.3. Megatrendy biologiczne

Ostatnie lata to okres niesamowitych osiągnięć w dziedzinie biologii, a w szczególności genetyki. Wykonano bardzo duże postępy w ułatwianiu sekwencjonowania genetycznego, a także w aktywacji czy zmianach ge-

nów. Na chwilę obecną, dzięki dostępnej technologii i mocy obliczeniowej naukowcy nie muszą działać metodą prób i błędów, za to mogą testować, jakie konkretne wariacje genowe są odpowiedzialne za konkretne cechy lub choroby.

Kolejnym krokiem będzie biologia syntetyczna, która pozwoli na wprowadzanie zmian w organizmach poprzez edytowanie DNA. Postępy te będą miały ogromny i natychmiastowy wpływ na medycynę, ale też na rolnictwo i biopaliwa. Wiele nieuleczalnych chorób spowodowanych jest czynnikiem genetycznym. Stosowanie maszyn sekwencjonujących w rutynowej diagnostyce zrewolucjonizuje medycynę. Umożliwi to łatwe i tanie określenie indywidualnych genów pacjenta – opieka zdrowotna będzie skuteczna i dostosowana do potrzeb. Znajomość składu genetycznego guza ułatwi lekarzom pracę i będzie pomocna przy wyborze terapii dla pacjenta. Rosnące zasoby danych pozwolą na rozwój medycyny precyzyjnej oraz możliwość opracowywania wyspecjalizowanych terapii. Od 2013 roku działa superkomputer marki IBM, który dzięki możliwości porównania historii choroby i leczenia oraz danych genetycznych z aktualną wiedzą medyczną może pomóc w rekomendacji terapii zaledwie w kilka minut.

Skala i zasięg rozwijającej się rewolucji doprowadzi do zmian gospodarczych, społecznych oraz kulturowych o olbrzymiej skali. IV rewolucja przemysłowa w olbrzymim stopniu wpłynie na gospodarkę globalną. Wszystkie czynniki makro, takie jak: PKB, inwestycje, konsumpcja, inflacja, handel, zatrudnienie – zostaną nią objęte. Przewidywania dotyczące światowej populacji zakładają że liczba ludzi wzrośnie z 7.6 miliarda do 8 miliardów w 2030 roku i do 9 miliardów w 2050. Wzrost ten powinien prowadzić do wzrostu ogólnego popytu, jednak istnieje inny bardzo silny trend demograficzny – starzenie się.

Powszechnie uważa się, że problem starzenia się dotyczy przede wszystkim bogatych państw zachodu, jednak w wielu regionach świata liczba narodzin obniża się poniżej stopnia reprodukcji prostej. Mowa tutaj o Europie, większości Ameryki Południowej i Karaibów, większej części Azji, a nawet krajach Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej. Proces starzenia się populacji stanowi duże wyzwanie dla gospodarki. Brak decyzji o podniesieniu wieku emerytalnego tak, aby starsze osoby nadal pozostały częścią siły roboczej, będzie skutkował spadkiem liczby ludzi w wieku produkcyjnym i wzrostem liczby osób wymagających opieki. Starzenie się po-

pulacji niesie ze sobą także zmniejszenie liczby młodych dorosłych, spadek zakupów drogich dóbr takich, jak nieruchomości, meble, samochody i różnego rodzaju sprzęty elektroniczne. Mniej ludzi będzie skłonnych podejmować ryzyko, ponieważ starzejący się pracownicy będą woleli zachować swoje aktywa zamiast tworzyć nowe firmy. Oczywiście wszystko zależy od tego jak starzejące się społeczeństwa będą się adaptowały do nowych realiów życia. Jednak, o ile rewolucja technologiczna nie powiększy produktywności poprzez umiejętność pracy mądrzejszej zamiast cięższej – starzejący się świat czeka powolniejszy wzrost.

Dzięki IV rewolucji przemysłowej możliwe będzie dłuższe życie, w lepszym zdrowiu, bardziej aktywnie. Zakłada się, że ponad jedna czwarta rodzących się w gospodarkach zaawansowanych dzieci będzie mogło dożyć 100 lat. Bardzo istotne więc będzie ponowne rozpatrzenie kwestii wieku emerytalnego, czy tematu populacji w wieku produkcyjnym i planowania życia przez jednostki. Wiele państw, które podejmują się dyskusji na te tematy napotyka spore trudności. Oznacza to, że świat nie jest jeszcze gotowy na właściwe, proaktywne rozpoznanie sił tej zmiany (Schwab Klaus, 2018).

Powiązanie czynników strukturalnych (zbyt wysokie zadłużenie i starzejące się społeczeństwo) oraz systemowych (wprowadzenie platform technologicznych oraz produkcji na żądanie, rosnące znacznie obniżki kosztów krańcowych itp.) zmusza do nowego spojrzenia na światową ekonomię. IV rewolucja przemysłowa ma potencjał do wzmocnienia wzrostu gospodarczego, ale też do rozwiązywania bardzo istotnych globalnych wyzwań. Należy jednak dostrzegać i odpowiednio reagować na negatywne wpływy, jakie Przemysł 4.0 może wywierać, zwłaszcza w zakresie nierówności, zatrudnienia oraz rynków pracy. Od zawsze postęp technologiczny niszczy określone miejsca pracy, zastępując je po czasie innymi, polegającymi na robieniu czegoś innego. Dobrym tego przykładem jest rolnictwo. W Stanach Zjednoczonych na początku XIX wieku 90% siły roboczej stanowili ludzie pracujący na roli. Na ten moment jest to liczba poniżej 2%. Zmiana ta, mimo tego, że była bardzo radykalna dokonała się stosunkowo bezproblemowo, z minimalnymi zakłóceniami społecznymi czy lokalnym bezrobociem.

Przykładem nowego ekosystemu pracy jest gospodarka aplikacji. Miała swój początek w 2008 roku, kiedy Steve Jobs, pozwolił deweloperom zewnętrznym pisać aplikacje na iPhone'a. Od tamtej pory do połowy 2015 roku

globalna gospodarka aplikacji wytworzyła 100 miliardów dolarów w przychodach (Schwab Klaus, 2018).

Oczywiście technologia może powodować zakłócenia, ale w rezultacie zawsze poprawia produktywność i zwiększa bogactwo. Skutkuje to zwiększeniem popytu na dobra i usługi, oraz powstaniem nowych typów miejsc pracy, które mają go zaspokoić. Pomijając recesje i okazjonalne kryzysy, zawsze powinno być wystarczająco dużo pracy dla wszystkich.

Innowacje oraz inne przełomowe technologie zakłócające dotychczasową wypracowaną równowagę wykazują tendencję do zwiększania produktywności poprzez zastępowanie aktualnych pracowników innymi, a nie przez oferowanie nowych produktów, których wytworzenie wymagałoby więcej siły roboczej. W takiej sytuacji bardzo szybko może dojść do częściowej lub całkowitej automatyzacji pracy w takich dziedzinach jak: medycyna, prawo, analityka bankowa, dziennikarstwo, księgowość, ubezpieczenia czy bibliotekarstwo. Trend ten zmierza w kierunku zwiększenia polaryzacji rynku pracy. Wzrośnie poziom zatrudnienia w dobrze płatnych, inteligentnych i kreatywnych sektorach oraz w tych niskopłatnych, opartych na pracy fizycznej. Nie tylko nowe algorytmy, umiejętności robotów, czy inne technologiczne rozwiązania mają wpływ na taką postać rzeczy. Upraszczanie pracy spowodowało, że obecnie dużo łatwiej jest zastąpić człowieka algorytmem. Nie oznacza to jednak, że szybko dojdzie do sytuacji w której pojawi się dylemat „człowiek czy maszyna". Integracja technologii cyfrowych, fizycznych oraz biologicznych, które napędzają aktualne zmiany, w większości przypadków przysłuży się do wzmocnienia pracy ludzkich rąk i umysłów. Bardzo istotne będzie przygotowanie pracowników do pracy z inteligentnymi maszynami. W przewidywalnej przyszłości mniej narażone na automatyzację będą te posady, które wymagają od pracowników umiejętności społecznych oraz kreatywnych, a w szczególności podejmowania decyzji w sytuacjach niepewności i rozwijania nowatorskich pomysłów.

Ważna będzie też umiejętność przewidywania przyszłych trendów w zatrudnieniu oraz potrzeb odnoszących się do wiedzy i umiejętności, które są wymagane w celu przystosowania się. Decydującym czynnikiem produkcyjnym będzie talent, a nie kapitał. Niewystarczająca ilość pracowników z odpowiednimi umiejętnościami może stanowić ograniczenie dla innowacyjności, konkurencyjności oraz wzrostu, a nie niedostępność kapitału. Przemysł 4.0 ze względu na coraz szybsze tempo zmian technologicz-

nych od pracowników wymaga czegoś więcej – nieustannej adaptacji oraz nowych umiejętności i sposobów postępowania w różnych okolicznościach (Schwab Klaus, 2018).

Gospodarka fundamentalnie zmienia związek człowieka z pracą. Coraz większa grupa pracodawców zaczyna używać tak zwanej „ludzkiej chmury". Duże prace są dzielone na szczegółowe zadania i odrębne projekty, po czym umieszczane są w wirtualnej chmurze zainteresowanych pracowników, zlokalizowanych w różnych miejscach na całym świecie. Pracownicy nie są już tradycyjnie zatrudnieni, ale są niezależnymi podmiotami wykonującymi konkretne zadania. Korzyści dla firm oraz szybko rosnących start-upów, są w takiej gospodarce oczywiste. Pracowników należących do „ludzkiej chmury" uznaje się za samozatrudnionych. Nie dotyczy ich wymóg minimalnego wynagrodzenia, podatków czy ubezpieczenia społecznego.

Z kolei dla pracowników należących do „ludzkiej chmury" główne korzyści to wolność i mobilność. Niezależność pracowników w połączeniu z dużą swobodą wpływa na zmniejszenie stresu i większego zadowolenia z wykonywanej pracy. Mimo tego, że „ludzka chmura" dopiero raczkuje, pojawiają się sygnały, że wiąże się z nią ciche wyprowadzanie miejsc pracy. Mowa tutaj o cichym wyprowadzaniu, ponieważ chmury takie nie są nigdzie notowane i nie mają obowiązku ujawniać danych. Może to być początek nowej, elastycznej rewolucji w pracy, która wpłynie na zwiększenie podmiotowości każdej jednostki z dostępem do Internetu i może wyeliminować niedobory umiejętności. Jednak może też stać się zagrożeniem dla klasy pracowników, których praca opiera się na realizowaniu zadania po zadaniu. Utrata dla tych ludzi praw pracowniczych, praw do negocjacji oraz bezpieczeństwa zatrudnienia może skutkować niepokojem społecznym oraz niestabilnością polityczną.

W związku z takimi przemianami wyzwaniem będzie stworzenie nowych form umów społecznych oraz umów o pracę, przystosowanych do zmieniającej się siły roboczej i ewoluującej natury pracy. Trzeba ograniczyć złe strony „ludzkiej chmury", jednocześnie nie szkodząc wzrostowi rynku pracy ani nie utrudniać pracownikom wykonywania pracy w sposób, który wybiorą. Jeżeli nie uda się tego dokonać – IV rewolucja przemysłowa może doprowadzić do rosnącego rozdrobnienia pracy, izolacji oraz wykluczenia we wszystkich społeczeństwach.

2.3. Przykłady wdrożonych rozwiązań Industry 4.0

Rozwiązania wdrażane w przedsiębiorstwach w ramach Industry 4.0 widoczne są szczególnie w obszarze produkcyjnym. Miejscem, gdzie głownie gromadzone są informacje i komunikacja na poziomie maszyna-człowiek są wirtualne platformy do przetwarzania i wizualizacji danych z produkcji w czasie rzeczywistym. W zakładach używane są różne rodzaje interfejsów takie jak: tradycyjne HMI, tablety, laptopy czy duże ekrany dotykowe. Dzięki nim możliwe jest szybkie wyświetlanie danych, kojarzenie ich ze sobą i analiza. W każdej chwili możliwy jest dostęp do danych historycznych i wyświetlanie ich na podstawie setek rodzajów raportów i wykresów. Dane mogą być prezentowane zarówno dla całych linii produkcyjnych i zakładów jak i pojedynczych maszyn, a nawet produktów. Dzięki temu przedsiębiorstwa mają ogromne możliwości w zakresie analizy produkcji i jej optymalizacji, zarówno pod względem kosztów, jak i w zakresie zużycia energii. Daje to też doskonały wgląd we wskaźniki wydajnościowe oraz możliwość porównywania bieżących i historycznych danych. Platformy są najczęściej bezpośrednio połączone z systemem ERP, co pozwala to na jednolite zarządzanie produkcją i logistyką.

W kolejnych podpunktach przedstawione zostaną przykłady wdrożenia rozwiązań Industry 4.0 w wybranych przedsiębiorstwach.

2.3.1. Fabryka referencyjna firmy Bosch w Blaichach oraz Immenstadt

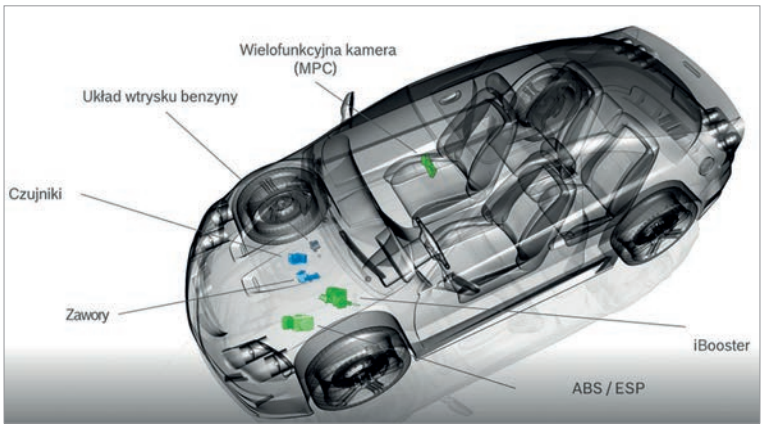
Pierwszym przykładem zastosowania rozwiązań Industry 4.0 są fabryki referencyjne firmy Bosch w Blaichach oraz Immenstadt (rys 2.8). Oba zakłady zatrudniają w sumie 3400 pracowników i są tym samym największym pracodawcą w regionie. Fabryki zajmują się produkcją elektronicznych układów regulacji dynamiki jazdy (ABS i ESP) oraz układów dla pojazdów elektrycznych i hybrydowych, części układów napędowych takich jak: wtryskiwacze turbosprężarek oraz czujniki do sterowania pracą silników. Oprócz tego zakłady te produkują wielofunkcyjne kamery wideo, a także linie produkcyjne na potrzeby własnej, międzynarodowej organizacji produkcyjnej (przemysl-40.pl. 2017).

Rysunek 2.8. Oddziały firmy Bosch

Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/

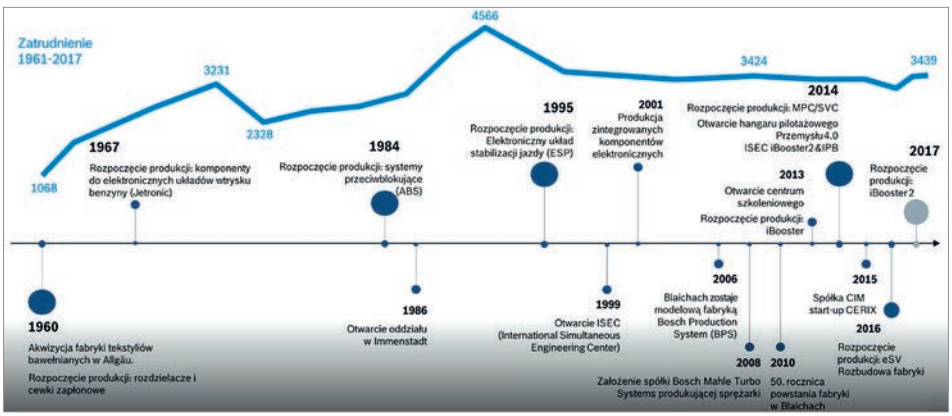
Przykładowe komponenty produkowane w fabrykach Bosch przedstawiono na rysunku 2.9.

Fabryka w Blaichach jest inwestycją typu *brownfield*. Powstała na bazie przejętej w latach 60-tych zeszłego wieku fabryki produkującej tekstylia bawełnianie. Pierwszymi produktami motoryzacyjnymi były rozdzielacze i cewki zapłonowe, w przypadku których wykorzystano wiedzę know-how dotychczasowych pracowników przedsiębiorstwa. Przez kolejne lata rozwijana była produkcja kolejnych grup produktów. Równocześnie zwiększano zatrudnienie oraz możliwości wytwórcze fabryk. Chronologię zmian związanych z produkcją w zakładach Blaichach oraz Immenstadt przedstawiono na rysunku 2.10.



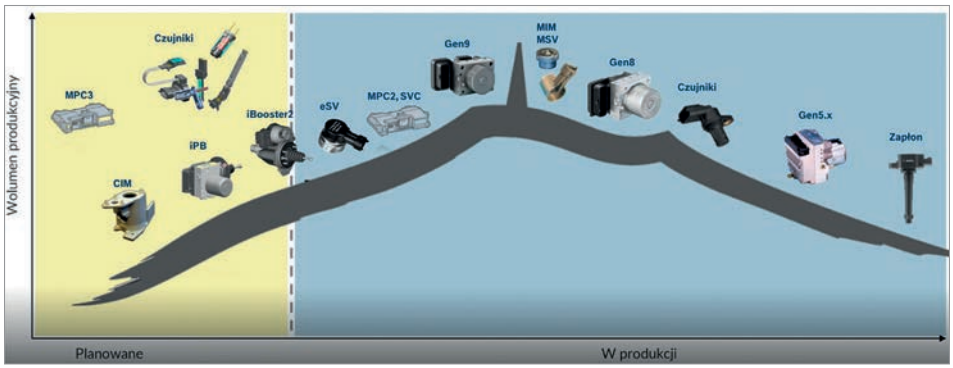
Rysunek 2.9. Wykorzystanie komponentów produkowanych w fabrykach Bosch
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/

Obecnie w fabrykach wykorzystywane są ***standaryzowane ciągi technologiczne*** zawierające po kilkanaście maszyn pracujących w trybie in-line. Działają różne systemy mechatroniczne, w tym zrobotyzowane – między innymi korzystające z robotów Stäubli. Produkty pomiędzy maszynami są transportowane automatycznie. Każdy z ciągów technologicznych obsługują pojedyncze osoby, które są odpowiedzialne na przykład za wgrywanie firmwaru do produkowanych modułów oraz końcowe procesy pakowania. Cała reszta operacji jest wykonywana automatycznie przy zachowaniu wieloetapowej kontroli jakości.



Rysunek 2.10. Kluczowe zmiany związane z produkcją w zakładach Blaichach oraz Immenstadt
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/

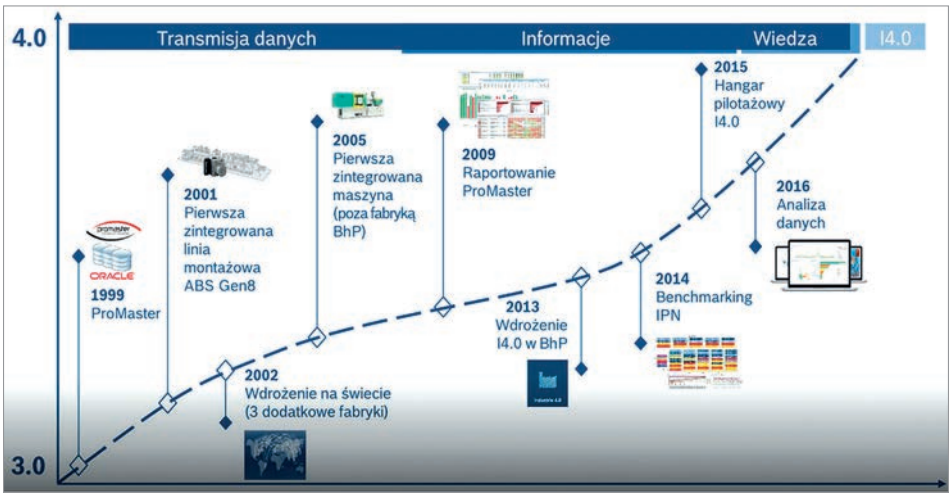
Maszyny, które są wykorzystywane w zakładach są produkowane na miejscu. Dzięki temu charakteryzują się wysokim poziomem *customizacji* i możliwa jest optymalizacja kosztów. Zakłady produkują także maszyny do innych jednostek firmy oraz klientów zewnętrznych. Produkty wytwarzane w fabrykach Bosch (w tym planowane) przedstawiono na rysunku 2.11.



Rysunek 2.11. Produkty wytwarzane w fabrykach Bosch (w tym planowane)
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/

Wdrożenie rozwiązań z zakresu Przemysłu 4.0 nie stanowiło jednego, rewolucyjnego kroku, miało charakter wieloetapowy rozpisany na lata (rys. 2.12). Zmiany w zakładzie od produkcji tradycyjnej do wdrożenia przedstawianych rozwiązań przedstawiono na rysunku 2.13.

Rysunek 2.12. Wdrażanie Industry 4.0 w fabrykach Bosch
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/



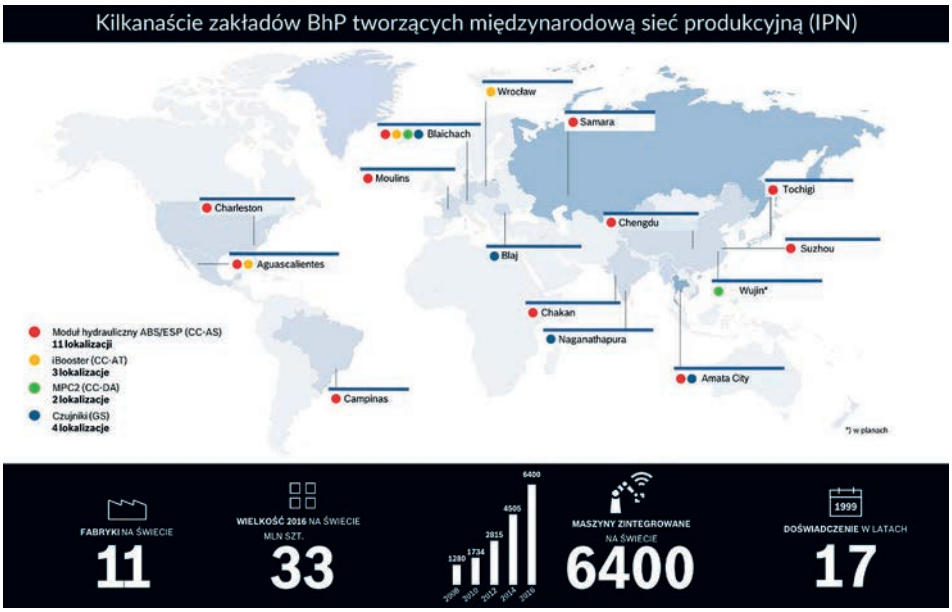
Rysunek 2.13. Zmiany w zakładzie od produkcji tradycyjnej do Przemysłu 4.0
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/

Najistotniejszym momentem był rok 2013, kiedy Industry 4.0 zostało wpisane do strategii rozwojowej przedsiębiorstwa. Proces stworzenia omawianego systemu był oparty między innymi na:

- standaryzacji procesów wytwórczych,
- zapewnieniu stuprocentowego pozyskiwania danych z maszyn oraz innych systemów produkcyjnych,
- stworzeniu infrastruktury sieciowej łączącej systemy sterowania maszyn i dającej możliwość na przesyłanie danych.

Umożliwiło to m.in. ***tworzenie benchmarków*** produkcyjnych dotyczących maszyn i linii technologicznych – i to nie tylko w omawianych zakładach, ale też w kilku innych jednostkach produkcyjnych w powiązanej sieci produkcyjnej. Pozyskiwanie spójnych i jakościowych danych stało się też podstawą do analizy procesów i tworzenia bazy wiedzy w celu optymalizacji oraz rozwoju produkcji.

Specyfiką przedstawianego rozwiązania jest także ***integracja danych*** z zakładu produkcyjnego z informacjami z innych oddziałów firmy. Bosch ma oddziały rozproszone na całym świecie. Ze względu na standaryzację wykorzystywanych systemów oraz maszyn, a także wykorzystanie standaryzowanych procesów produkcyjnych, istnieje możliwość tworzenia benchmarków obejmujących różne jednostki produkcyjne (rys. 2.14).



Rysunek 2.14. Mapa oddziałów firmy Bosch

Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej--firmy-bosch/

Inną istotną korzyścią jest ***możliwość przenoszenia wypracowanych rozwiązań pomiędzy zakładami***. Chodzi tutaj na przykład o zmiany technologiczne lub sposoby radzenia sobie z problemami i awariami. Bosch korzysta z platformy podobnej w swoich założeniach do Facebooka, gdzie posty z informacjami o danych rozwiązaniach, mogą być „lajkowane" i komentowane przez społeczność firmy. W taki sposób budowana i aktualizowana jest baza wiedzy.

Sektor organizacji produkcji obejmuje 11 fabryk na świecie. W każdym zakładzie stosowane są ustandaryzowane maszyny, z których dane są dostępne centralnie. Porównywanie zbieranych danych z produkcji umożliwia znaczące zwiększenie wydajności produkcji. Przykładowo, jeżeli w jednym z zakładów dzięki dobrym pomysłom udałoby się zwiększyć wydajność produkcji, bez problemu można to powtórzyć w innych fabrykach. Dzięki temu najbardziej optymalne rozwiązania mogą być stosowane równocześnie we wszystkich oddziałach firmy Bosch. Dodatkowo wadliwe działania maszyn są automatycznie zgłaszane wcześniej, co zapobiega zatrzymaniu produkcji i powstaniu strat.

Niedawno wprowadzoną innowacją są ***kamery GoPro***. Zainstalowane w maszynach w trybie ciągłym rejestrują obrazy. W przypadku awarii zapisany plik wideo poddawany jest automatycznej edycji, by wyodrębnić zapis momentu w którym wystąpiło zdarzenie. Dzięki temu możliwa jest łatwa i szybka analiza nietypowych zdarzeń i awarii. W przyszłości będzie możliwe przejście z prewencyjnego na predykcyjne utrzymanie ruchu. Przedsiębiorstwo ma w planach dalsze innowacje, między innymi z wykorzystaniem sztucznej inteligencji i wirtualnej rzeczywistości.

W zakładzie w Hamburgu używana jest uniwersalna linia produkcyjna, która może wyprodukować 200 różnych modułów hydraulicznych przy użyciu dwóch tysięcy różnych komponentów. Co więcej, dzięki integracji systemu produkcyjnego z IT ich zamawianie i dostarczanie odbywa się automatycznie. W Hamburgu działa dziewięć połączonych ze sobą linii technologicznych, a każdy z produktów identyfikowany jest za pomocą układu RFID. Umożliwia on stacjom produkcyjnym na zidentyfikowanie sposobu montażu produktu i ustalenie niezbędnych etapów pracy. Plany czynności potrzebnych do montażu komponentów hydraulicznych są pobierane automatycznie i przedstawiane na monitorach w formie filmów lub zdjęć. Ich forma jest dostosowana do stopnia zaawansowania pracownika, a udostępnione mu materiały są w jego ojczystym języku. Oprócz tego w fabryce tej wdrożono system redukcji zużycia energii. Wszystkie maszyny zostały podpięte do ***wspólnej cyfrowej platformy energetycznej***. Zebrane i zmierzone dane są przez nią przetwarzane i prezentowane w przejrzysty sposób. Dzięki temu rozwiązaniu zmniejszono koszty zużytej energii o około 1,65 miliona euro rocznie.

Firma Bosch stosuje rozwiązanie ***Online Diagnostics Network*** (ODiN), bazujące na modułach, które mogą być zainstalowane w różnych maszynach, nawet od różnych producentów. Moduły te zbierają informacje i przesyłają je do chmury serwisowej Bosch IoT Cloud, w której specjalne oprogramowanie analizuje przesłane dane i wykrywa z wyprzedzeniem stopień zużycia maszyny, umożliwiając wdrożenie predykcyjnego utrzymania ruchu.

Firma Bosch wraz z ośmioma partnerami pracuje nad rozwojem ***modułowego systemu produkcji***. Głównym założeniem są maszyny, które będą adaptować się do różnych zadań, komunikować się poprzez Internet i pozwalać na dużą indywidualizację produkcji. Firma Bosch zaprezentowała w 2017 roku robota APAS Inspector, który dzięki wykorzystaniu procesu

uczenia się przy obróbce obrazu oraz wykorzystaniu rozwiązań sztucznej inteligencji, może automatycznie analizować produkowane elementy, np. pod kątem jakości powierzchni oraz innego rodzaju kontroli jakości.

2.3.2. Fabryka samochodów Volkswagen Poznań

Kolejnym przykładem jest fabryka samochodów Volkswagen Poznań we Wrześni, gdzie działa nowoczesna Hala Budowy Karoserii, Lakiernia, Hala Montażu oraz Park Dostawców, Dział Samochodów Specjalnych oraz Dział Produkcji Pilotażowej (**volkswagen-poznan.pl.).** Powierzchnia zakładu wynosi 220 ha, co odpowiada 300 boiskom piłkarskim (rys. 2.15).

Fabryka Volkswagen została uruchomiona w 2017 roku. Produkuje 100 000 samochodów Volkswagen Crafter rocznie, w przybliżeniu – w 60 wariantach. Jako przykład zastosowania rozwiązań w ramach koncepcji Industry 4.0 można przedstawić instalację, która zapewnia kompleksowy transport komponentów produkcyjnych i całych pojazdów. Uruchomienie takiej linii umożliwia produkcję od etapu lakierowania w lakierni do opuszczenia fabryki pojazdu na własnych kołach. Linia transportowa składa się z części naziemnej i podwieszonej.

Rysunek 2.15. Fabryka Volkswagen Poznań we Wrześni
Źródło: https://volkswagen-poznan.pl/pl/fabryki/fabryka-we-wrzesni

Linia naziemna składa się z wózków transportowych oraz specjalnych taśm opartych na łańcuchowych przenośnikach. Za pracę linii odpowiadają 64 wózki transportowe SKID. Linia montażowa ma 1600 metrów.

Dwie linie transportu taśmowego zostały wyposażone w przenośniki łańcuchowe wyprodukowane z tworzywa sztucznego. Pierwsza linia jest wykorzystana do przemieszczania samochodów w trakcie montażu na wózkach SKID, natomiast na drugiej linii transportowane są kompletne samochody. Fabryka posiada również dwutorowy przenośnik płytowy wykorzystywany do przenoszenia pojazdów z zamontowanymi kołami (rys. 2.16).

Rysunek 2.16. Linia produkcyjna fabryki Volkswagena Poznań
Źródło: https://publikacje.siemens info.com/pdf/76/Od%20Industry%204.0%20do%20Smart%20Factory.pdf

W dziale produkcji działają 25-metrowe przenośniki transportowe – swego rodzaju ruchome chodniki. Poruszają się one równolegle do głównej linii produkcyjnej z szybkością przemieszczającego się samochodu. Zapewnia to lepszą efektywność podczas montażu i ergonomiczną pracę monterów. Pierwsza z linii transportu podwieszanego EHB ma długość 1250 metrów i składa się z 94 tak zwanych zawieszek produkcyjnych. Dzięki niej możliwe jest przemieszczanie się karoserii w pionie i poziomie z określonymi prędkościami. Zawieszki te zamontowano do specjalnie wybudowanej stalowej instalacji podczepionej do konstrukcji dachu. Druga oraz trzecia linia podwieszana są zbudowane odpowiednio z 190 zawieszek służących do przenoszenia drzwi (1000 metrów długości) oraz 5 zawieszek do transportu kokpitów pojazdów (300 metrów). Stanowią one podrzędne linie, na których doposaża się drzwi oraz kokpity i montuje te elementy w samochodach. Do montażu drzwi przesuwnych zainstalowano również 12 specjalnych zawieszek.

Proces produkcji samochodów w fabryce Volkswagena został podzielony na etapy (takty) na taśmie montażowej. Czas pojedynczego taktu linii produkcyjnej wynosi 110 sekund, a cała linia montażowa składa się z 120 takich taktów. Podczas procesu produkcji pojazdy przesuwają się na linii produkcyjnej i przechodzą przez poszczególne stanowiska. W ten sposób pracownicy mogą realizować zaplanowane wcześniej zadania przy użyciu nowoczesnych narzędzi lub nadzorować pracę robotów montujących szyby oraz podłogi. Każdy z etapów montażu ma przewidziany czas na wykonanie. Nie może on zostać przekroczony, gdyż każde opóźnienie wstrzymuje całą produkcję. Czas i tempo pracy przy każdym stanowisku jest zsynchronizowane z przesuwem transportowanych elementów. Dysponując technologią obejmującą elementy infrastruktury odpowiedzialnej za mechanikę transportu odbywającego się na linii produkcyjnej oraz za rozwiązania służące do sterowania urządzeniami, dopasowano elementy tej infrastruktury do potrzeb klienta i dostosowano ją do potrzeb samochodów użytkowych. Proces składania pojazdów użytkowych znacznie się różni od montażu samochodów osobowych we względu na liczbę rozmiarów i wariantów jakie występują. Odpowiadając wymaganiom przedstawionym przez fabrykę Volkswagena w Poznaniu, działanie linii produkcyjnej zostało dostosowane w taki sposób, aby tę część procesów uczynić technologicznie łatwiejszą. Pojazd jest obracany podczas przesuwania się po linii montażowej po to, by łatwiej zamontować elementy znajdujące się w tyle samochodu ciężarowego, w szczególności podłogę pojazdu.

2.3.3. Fabryka Seata w Martorell

Kolejny przykład stanowi zakład produkcyjny marki SEAT – Martorell, położony około 30 kilometrów od Barcelony, oficjalnie otwarty w lutym 1993 roku. To jednen z najnowocześniejszych obiektów tego typu w Europie. Zajmuje powierzchnię ponad 2 800 000 metrów kwadratowych (odpowiednik 400 boisk piłki nożnej), z czego 260 000 to obszary krajobrazowe. Około 7 000 osób pracuje w 15 budynkach w układzie 3 zmianowym. Dzienna produkcja w zakładzie wynosi 2100 sztuk (443 000 sztuk rocznie), wysyłanych do obrotu drogą lądową, morską i kolejową. SEAT sprzedaje swoje samochody w 75 krajach (**seat-mediacenter.com.)**. Widok fabryki SEATa przedstawia rysunek 2.17.

Rysunek 2.17. Fabryka Seata w Martorell

Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2018/11/28/seat-europejskim-liderem-transformacji-cyfrowej-wedlug--financial-times/

Transformacja cyfrowa w wydaniu firmy SEAT obejmuje całościowy proces zmian technologicznych w obszarze produkcji oraz intralogistyki. Hiszpański producent samochodów wykorzystuje narzędzia i rozwiązania cyfrowe należące do domeny Przemysłu 4.0, które pozwalają na bardziej efektywną i elastyczną produkcję pojazdów (**przemysl-40.pl**.2018).

Są to przede wszystkim:

- Roboty współpracujące;
- Pojazdy AGV wykorzystywane w obszarze logistyki wewnętrznej;
- Wirtualna rzeczywistość w projektowaniu;
- Rozwiązania z obszaru sztucznej inteligencji;
- Przetwarzanie zebranych danych z wykorzystaniem Big Data.

W firmie działa też laboratorium biomechaniczne, gdzie między innymi opracowywane są ergonomiczne stanowiska pracy. Obiekt wyposażony jest w kilkadziesiąt aparatów fotograficznych, które przekształcają ruchy pracowników na modele 3D. Analiza takich modeli ma umożliwić rozwój metod zapobiegania powstawania urazów u pracowników zaangażowanych w produkcję oraz usprawnić proces ewentualnej rehabilitacji (rys. 2.18).

Rysunek 2.18. Przykład linii produkcyjnej w fabryce Seata z wykorzystaniem ergonomicznego stanowiska pracy

Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2018/11/28/seat-europejskim-liderem-transformacji-cyfrowej-wedlug-financial-times/

Seat wprowadził też specjalne programy szkoleniowe korzystając z innowacyjnej metody wyjaśniania celów i obszarów transformacji przemysłowej. SEAT został uznany za lidera w dziedzinie cyfrowej transformacji w badaniu przeprowadzonym przez brytyjski Financial Times. Firma prowadzi kompleksowy program w zakresie cyfrowej innowacyjności.

2.3.4. Fabryka bram, drzwi i ogrodzeń – Wiśniowski

Przedsiębiorstwo powstało w Wielogłowach w 1989 roku. Hale produkcyjne zajmują obecnie 230 000 metrów kwadratowych (rys. 2.19). Firma zatrudnia ponad 1800 pracowników. Obecnie jest liderem rynku w Polsce, a jej produkty sprzedawane są w 45 krajach świata.

Firma Wiśniowski wdrożyła aplikację zrobotyzowanego spawania, dzięki której kilkukrotnie zwiększyła się wydajność produkcji oraz optymalizacja całego procesu przepływu i realizacji zamówień. Jest to jedna z nielicznych fabryk w Polsce, gdzie wdrożono procesy pozwalające na masową personalizację produktów. Produkcja bram, i sterowanie pracą robotów, realizowane jest całkowicie automatycznie na bazie zamówień od klientów (przemysl-40.pl. 2017/11/19).

Rysunek 2.19. Fabryka Wiśniowski w Wielogłowach
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/11/19/wdrozenie-robotyzacja-4-0-w-firmie-wisniowski/

Koncepcja zautomatyzowania jednej z najważniejszych grup produktowych firmy Wiśniowski – spawania systemów ogrodzeniowych pojawiła się w planach kilka lat temu. Było to niezwykle trudne przedsięwzięcie ze względu na dużą różnorodność oraz wachlarz rozmiarów ogrodzeń. Dlatego też cały proces został podzielony na dwa etapy.

- Etap I – zrealizowany w latach 2014–2015. W tym czasie wdrożono pierwsze stanowisko do zrobotyzowanego spawania systemów ogrodzeniowych.
- Etap II – wprowadzony w okresie 2016–20117. Obejmował on automatyzację spawania przemysłowych systemów ogrodzeniowych oraz zrobotyzowanego czyszczenia paneli kratowych.

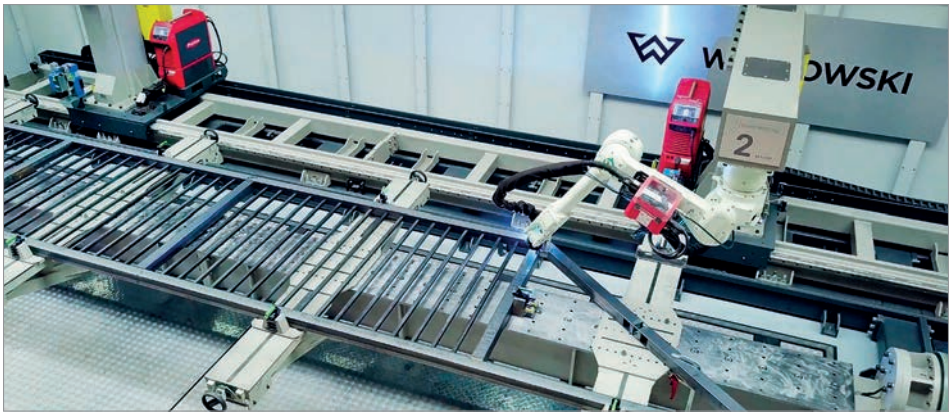
Obecnie etap składania zamówienia w punkcie handlowym jest w pełni zautomatyzowany. Specjalne oprogramowanie zapewnia płynny przepływ zamówienia. Zapisane zlecenie zapisane w systemie ERP jest zamieniane automatycznie na program zrozumiały dla robotów przemysłowych. System sam dostosowuje się do procesu spawania produktu zgodnego z zamówieniem złożonym wcześniej w systemie. Daje to możliwość realizacji zindywidualizowanej produkcji na masową skalę.

Osiągnięty wymiar automatyzacji pozwala na pełną kontrolę nad procesem i gwarantuje wysoką elastyczność wytwarzania. Integracja danych z sytemu ERP z systemem produkcji skraca czas przygotowania nowego produktu. Rozwiązanie opierające się na nowoczesnych maszynach przemy-

słowych Kawasaki wspomaga realizację celów biznesowych klienta i doskonale wpisuje się w ideę Industry 4.0.

Jedno z stanowisk w firmie działa w oparciu o dwa roboty Kawasaki RA006L, które są dedykowane do spawania oraz sprzęt spawalniczy marki Fronius. Roboty mogą poruszać się po siedemnastometrowym torze jezdnym, dzięki czemu są w stanie wyprodukować bramy o dużych gabarytach. Maszyny są zamontowane na słupo-wysięgnikach, co umożliwia optymalizację pracy pod kątem wydajnościowym oraz maksymalizację zasięgu robotów. Roboty te współpracują z pozycjonerami. Dzięki zastosowaniu dwóch podobnych obrotników możliwa jest duża uniwersalność stanowiska. Maszyny mogą jednocześnie spawać jeden element na większym pozycjonerze bądź niezależnie pracować na obu stanowiskach, wytwarzając dwie bramy w tym samym czasie. Modułowość pozycjonerów daje możliwość dalszej rozbudowy systemu lub ich modyfikację w celu przystosowania do nowych wymagań zakładu produkcyjnego. Robot spawający w firmie Wiśniowski został przedstawiony na rysunku 2.20.

Korzyścią dla osób pracujących przy stanowisku jest fakt zastosowania automatycznie sterowanych niecek pod obrotnikami. Są one wpuszczane w podłogę kiedy brama się obraca, a równają się z poziomem podłogi podczas montażu i demontażu bramy przez pracowników. Rozwiązanie to znacznie upraszcza pracę oraz zapewnia lepsze bezpieczeństwo pracowników.



Rysunek 2.20. Robot spawający w firmie Wiśniowski
Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/11/19/wdrozenie-robotyzacja-4-0-w-firmie-wisniowski/

Interfejsem dla użytkownika jest komputer panelowy Astraada wyposażony w oprogramowanie Wonderware InTouch. Oprócz interfejsu sterującego systemem ASTOR Green Welding pełni on tez funkcję łącznika pomiędzy wewnętrznymi systemami firmy Wiśniowski oraz oprogramowaniem stanowiska. Za sterowanie systemem odpowiada kontroler PACSystems RX3i marki GE Automation&Controls. Zapewnia on ciągłą komunikację pomiędzy elementami systemu i kontroluje jego pracę.

Wprowadzenie nowego systemu pozwoliło usystematyzować proces produkcji. Od etapu planowania, poprzez jej realizację aż po jakość produktu. Proces jest teraz bardziej przewidywalny i dokładny. Skrócił się także czas realizacji zleceń seryjnych. System został wprowadzony w tych miejscach, gdzie wykonywana była powtarzalna i monotonna czynność i tam gdzie warunki pracy były uciążliwe dla pracowników.

Pozytywnym efektem było także osiągnięcie znacznych oszczędności czasowych w procesie realizacji zamówień oraz optymalizacja pracy programistów i operatorów stanowiska spawalniczego. Maszyny gwarantują powtarzalną jakość spawania, z kolei spoiny są dobrze przygotowane do kolejnych etapów produkcji. Robotyzacja produkcji poskutkowała wzrostem wydajności, zapewniła poprawę jakości oraz ustabilizowanie procesów technologicznych. Poza tym skróciła czas wykonywania czynności. Zwiększyła wydajność tego etapu produkcji o około 300%, przez co przestał być wąskim gardłem w całym procesie produkcyjnym.

Wprowadzenie systemu wpłynęło pozytywnie na zagospodarowanie przestrzeni na hali produkcyjnej. Automatyzacja umożliwiła także zachowanie dynamiki i płynności produkcji, a także produkcję pod indywidualne zlecenia.

2.3.5. Fabryka POLMO S.A.

Kolejny przykład stanowią Zakłady Sprzętu Motoryzacyjnego Polmo S.A., które są największym obiektem przemysłowym zlokalizowanym w Brodnicy (rys. 2.21). To przedsiębiorstwo z długą tradycją, którego zarząd, w obliczu rosnących wymagań jakościowych stawianych przez klientów, zdecydował o inwestycji w nowoczesne technologie (astor.com.pl).

Zakłady wytwarzają szeroką gamę wysokiej jakości części zamiennych i oprzyrządowania dla przemysłu samochodowego. Podstawą asortymentu

są stalowe zbiorniki paliwa i zbiorniki sprężonego powietrza dla pojazdów takich, jak ciężarówki, przyczepy, naczepy i autobusy.

Rysunek 2.21. Zakłady Polmo S.A. w Brodnicy

Źródło: https://www.astor.com.pl/klienci-astor/wdrozenia/9961-podnoszenie-konkurencyjnosci-polmo-s-a-dzieki-automatyzacji-produkcji-i-robotyzacji-procesu-spawania.html

Głównym celem biznesowym inwestycji było zwiększenie zdolności produkcyjnej zakładu (początkowe założenie – 55 tysięcy sztuk jednego typu zbiornika rocznie na linii). Od strony inżynierskiej, inwestycja ta miała zapewnić równą i powtarzalną jakość spawania klasy B (najwyższa klasa jakości).

Kluczowy proces w produkcji zbiorników, jakim jest spawanie, jest bardzo wymagającym procesem pod względem technologicznym, ale też organizacyjnym. Z uwagi na braki wykwalifikowanych spawaczy na rynku pracy i surowe normy dotyczące kwalifikacji i ochrony zdrowia pracowników zajmujących się spawaniem. Obecnie zrobotyzowana linia spawająca obsługiwana jest przez 5 robotów realizujących proces spawania zbiorników i oczyszczania spoin. Zbiorniki są wytwarzane w sposób całkowicie automatyczny. Jedynym zadaniem operatorów jest zaopatrzenie linii w surowce oraz transport gotowych wyrobów do strefy testów. Linia ta może działać w cyklu 24 godzinnym (astor.com.pl).

Dzięki zautomatyzowaniu procesu spawania (rys. 2.22) w zakładzie POLMO S.A. uzyskano pełną kontrolę nad procesem.

Rysunek 2.22. Zrobotyzowany proces spawania w zakładzie Polmo S.A.
Źródło: https://www.astor.com.pl/klienci-astor/wdrozenia/9961-podnoszenie-konkurencyjnosci-polmo-s-a-dzieki-automatyzacji-produkcji-i-robotyzacji-procesu-spawania.html

Zabieg ten pozwolił także na optymalizację kosztów wytworzenia produktu. Wdrożenie rozwiązań zrobotyzowanych i zautomatyzowanych w produkcji zbiorników w POLMO S.A. wpisuje się w ideę Przemysłu 4.0, ponieważ umożliwia pełną kontrolę nad procesem dzięki integracji danych z produkcji, śledzenie jej przebiegu i zbieranie informacji na temat każdego wyrobu. Autonomizuje także gniazdo produkujące zbiorniki sprężonego powietrza, dzięki zastosowaniu nowoczesnych robotów przemysłowych.

Automatyzacja zakładu umożliwiła sukcesywny wzrost jakości wyrobów i efektywności produkcji, a także zwiększenie poziomu prestiżu. Dzięki temu zakład stał się bardziej konkurencyjny na rynkach zagranicznych. Wspomniane modernizacje poprawiły także komfort pracy oraz umożliwiły podniesienie kwalifikacji zawodowych pracowników, przy jednoczesnym zwiększeniu ich bezpieczeństwa.

Bez automatyzacji i robotyzacji produkcji trudno myśleć o skutecznym rywalizowaniu na coraz bardziej konkurencyjnych rynkach. Polska, pod względem rozwoju technologicznego ciągle ustępuje innym krajom Unii Europejskiej (wyprzedza jedynie Litwę, Rumunię, Chorwację i Portugalię), co nie znaczy że pozytywnych przykładów brakuje. Wręcz przeciwnie, jest ich całkiem sporo (https://trans.info/pl).

Pojęcie Przemysł 4.0 nie jest tylko medialnym hasłem. Coraz więcej szefów firm zdaje się świetnie rozumieć, że po trzech rewolucjach przemysłowych przyszedł czas na czwartą, przenoszącą produkcję na wyższy poziom. Podobnie jak w trzech poprzednich, czynnikiem wyzwalającym przekształcenia są innowacje techniczne. Tym razem zmiana będzie wywołana przez wszechobecną cyfryzację, bazowanie w procesach decyzyjnych na wirtualnych symulacjach i przetwarzaniu danych w czasie rzeczywistym, komunikację maszyna-maszyna i maszyna-człowiek.

Aby rewolucja stała się faktem, niebawem zostanie powołana do życia m.in. Polska Platforma Przemysłu 4.0. Jej zadaniem będzie wsparcie robotyzacji gospodarki (według szacunków Międzynarodowej Federacji Robotyki przeciętna tzw. gęstość robotyzacji w gospodarce światowej wynosi 62 roboty na 10 tys. pracowników zatrudnionych w przemyśle, średnia w UE to 82, podczas gdy w Polsce tylko 22).

3. LOGISTYKA 4.0 – ISTOTA I ROZWÓJ

Pojęcie Logistyki 4.0 bardzo często łączone jest bezpośrednio z Przemysłem 4.0, koncepcją czwartej rewolucji przemysłowej, opartej na komunikacji pomiędzy maszynami działającymi w autonomicznym obszarze funkcjonalnym. Nowy paradygmat logistyki uważany jest za fundamentalny wzrost znaczenia Przemysłu 4.0., ponieważ nowe czasy, które nastały w logistyce, mają ogromny wpływ na zmiany funkcjonowania całej gospodarki [Osmólski, 2019, s. 36–38]. Logistyka 4.0 powstała w oparciu o koncepcję Przemysłu 4.0 i kontynuuje ten trend, z uwzględnieniem nowoczesnej technologii informacyjnej i komunikacyjnej. Inteligentne i cyfrowo połączone systemy mają umożliwić komunikację między ludźmi, maszynami, sprzętem, rozwiązaniami logistycznymi i produktami. Gdy logistykę integruje się we wczesnym etapie łańcucha dostaw, osiąga się optymalizację produkcji *just-in-time*. Z drugiej strony przewoźnicy mają jeszcze lepszą podstawę planowania, lepsze wykorzystanie swoich flot oraz krótsze czasy oczekiwania w punktach ładowania [https://www.timocom.pl]

Rozwój logistyki jest silnie związany z rozwojem przemysłu 4.0., aktualnego trendu automatyzacji i wymiany danych w technologiach produkcyjnych, który obejmuje systemy cyberfizyczne (Internet rzeczy, Internet usług). Logistyka, która jest działalnością wszechobecną, konsekwentnie podąża za tym trendem i stara się realizować wizję logistyki 4.0 [Marjan, Lerher, Gajsek 2018]. Rozwój globalizacji i sposobów komunikacji, a także szybki przepływ informacji dzięki rozwojowi technologii ICT (ang. *Information and Communication Technology*), wpływają na wszystkie działania codziennego życia stając się rzeczywistością. Stanowi to poważne wyzwanie dla działań logistyki na styku technologii innowacyjnych i zmian organizacyjno-instytucjonalnych, ponieważ działania wykraczają poza tradycyjne granice organizacyjne i integrują przepływ informacji pomiędzy wieloma różnymi podmiotami organizacyjnymi [Henning, Ng, 2009, s. 27–44]. W zakres pojęciowy wprowadzanych technologii ICT wchodzą wszystkie media komunikacyjne, technologie komunikacji dźwięku i obrazu oraz me-

dia umożliwiające zapis informacji, a także sprzęty umożliwiające jej przetwarzanie (komputery osobiste, serwery, sieci komputerowe, itp.) (Odlanicka-Poczobutt, 2014, s. 93–101).

Wykorzystanie rozwiązań ICT w zunifikowanej komunikacji [*Cloud Network*…, 2013; Silverstone, 1991, s. 204–227] pozwala użytkownikom na dostęp, przechowywanie, przesyłanie i przetwarzanie informacji, obejmując całą gamę aplikacji informatycznych umożliwiających przetwarzanie informacji i obsługę bieżących funkcji na bazie wspólnej technologii cyfrowej [Sallai, 2012, s. 5–15]. Pojawia się coraz więcej obszarów, w których rozwiązania oparte o technologie ICT znajdują zastosowanie – bankowość, telewizja cyfrowa, sieci społeczne, administracja elektroniczna oraz sądownictwo powszechne [Odlanicka-Poczobutt, 2014, s. 553–561].

Logistyka 4.0 to zatem termin odnoszący się do nowoczesnej logistyki, obejmującej wzajemną wymianę danych, cyfryzację i chmury obliczeniowe. W związku z tym zadania logistyków nie ograniczają się już – jak wcześniej – do samego transportu, ale opierają się na zarządzaniu funkcjami i koordynowaniu działań między firmami logistycznymi w łańcuchu dostaw [https://www.timocom.pl]. Dzięki nowym technologiom logistyka zmierza w kierunku pełnej automatyzacji i digitalizacji procesów. Złożone algorytmy błyskawicznie „uczą się" nowych sposobów rozwiązywania problemów. Powstają nowoczesne usługi: rozbudowane mechanizmy monitoringu towarów i systemy zarządzania (https://www.log24.pl).

Najnowocześniejszy system logistyczny 4.0 opiera się na wykorzystaniu systemów cyber-fizycznych monitorujących i kontrolujących procesy fizyczne, zwykle z pętlami sprzężenia zwrotnego. Wykorzystując nowoczesne technologie w celu identyfikacji oraz wysyłając dane do komputera, który zbiera i analizuje wszystkie istotne informacje – systemy są w stanie komunikować się z innymi systemami lub ludźmi używającymi internetu jako środka komunikacji i mogą udostępniać dane w czasie rzeczywistym, co pozwala na większe możliwości koordynacji i kontroli procesów (Herman, Pentek i Otto, 2015).

Częścią każdej gospodarki jest przemysł, a od początku uprzemysłowienia i zmian technologicznych nastąpiły zmiany paradygmatów, które są nazywane „przemysłowymi (re)ewolucjami [Lasi, Kemper, Fettke, Feld i Hoffman 2014]. Obecnie produkcja przemysłowa osiągnęła granicę nowej rewolucji przemysłowej, w efekcie której powstaje fabryka przyszłości

[Schelechtendal, Keinert, Kretschmer, Lechler i Verl 2015]. Według naukowców i ekspertów z branży badających rozwój technologii, nadchodząca rewolucja będzie uruchamiana za pomocą internetu, który umożliwia komunikację między ludźmi, między ludźmi i maszynami w dużych sieciach [Bretlel, Friederichsen, Keller i Rosenberg, 2014].

Procesy dostarczania materiałów do firmy, a następnie dostarczania gotowych produktów do klientów są różne. Są one znane jako logistyka zaopatrzenia (ang. *inbound logistics* – „logistyka na wejściu") oraz dostaw (ang. *outbound logistics* – „logistyka na wyjściu"). Logistyka zaopatrzenia obejmuje wszystko, co jest potrzebne do transportu, przechowywania i dostarczania towarów do firmy od dostawców. Jest niezwykle złożona i ważna i musi być dostosowana do konkretnego cyklu produkcyjnego i pojemności magazynowej, aby zapewnić, że nie wystąpi nadwyżka materiałów lub towarów, gdy nie są one potrzebne [www.inboundlogistics.com]. Logistyka dostaw odnosi się do systemów transportu, magazynowania i dostaw produktów do klientów. Logistyka „na wyjściu" to sposób, w jaki dostarczane są gotowe produkty do miejsca przeznaczenia. Podczas gdy logistyka „na wejściu" zapewnia surowce dla firmy, logistyka „na wyjściu" dostarcza gotowe produkty do miejsca przeznaczenia. Często wymaga to przeniesienia produktów do centrum dystrybucji, skąd są kierowane do klientów. Jednym z głównych wyzwań stojących przed wieloma firmami w zakresie logistyki wychodzącej jest nadążanie za oczekiwaniami konsumentów. Zmieniają się oczekiwania konsumentów, zwłaszcza jeśli chodzi o sposób, w jaki zamawiają swoje produkty i kiedy spodziewają się ich otrzymać.

Problemy w ramach logistyki zaopatrzenia z dostawą mogą skutkować spowolnieniem cykli produkcyjnych, natomiast problemy z logistyką dostaw mogą bezpośrednio wpłynąć na relacje z klientami. Z tego powodu wiele firm kładzie coraz większy nacisk na optymalizację działań w obszarze logistyki „na wyjściu". jednym ze sposobów jest współpraca z doświadczonym operatorami logistycznymi.

W przeszłości oba obszary były bardziej do siebie zbliżone – większość przesyłek miała duże rozmiary i była wysyłana w regularnych odstępach czasu do sprzedawców detalicznych, którzy przechowywali część przesyłek w magazynach, a część na półkach. Gdy zapasy zostały wyczerpane, sprzedawca otrzymywał więcej. Tak już nie jest. Handel elektroniczny spowodował, że znacznie więcej klientów dokonuje zakupów online. Te zaku-

py są następnie realizowane za pośrednictwem centrów logistycznych, ale te centra zazwyczaj nie mają miejsca do przechowywania ogromnych ilości produktów na półkach. Centra logistyczne przechowują raczej wystarczającą ilość produktu, aby szybko zrealizować zamówienie, ale zapasy muszą być uzupełniane w krótszych odstępach czasu [www.inboundlogistics.com].

Dzisiejsi klienci również oczekują, że otrzymają swoje produkty w znacznie krótszym czasie, a spełnienie tych oczekiwań wymaga współpracy z sieciami dostaw, które specjalizują się w szybkiej dostawie i oferują opłacalne kosztowo usługi. Jest to szczególnie ważne w przypadku mniejszych i średnich firm, które nie mają zasobów lub nie chcą tworzyć własnych sieci dystrybucji – pod względem finansowym, jak i operacyjnym, ma sens zlecanie części lub całości działań firmom, którzy się w tym specjalizują.

Zrozumienie różnic między logistyką zaopatrzenia (ang. *inbound logistics* – „logistyka na wejściu") a logistyką dostaw (ang. *outbound logistics* – „logistyka na wyjściu") jest niezbędne do uzyskania pełnego obrazu całej infrastruktury logistycznej. Oba te procesy wymagają wyspecjalizowanych sieci i narzędzi i zwykle wymagają współpracy z różnymi partnerami [www.flockfreight.com] oraz wsparcia technologiami ICT.

Zmiany w łańcuchach logistycznych, które rozpoczęły się wraz z globalizacją gospodarki, przyspieszyły niebywale w ostatniej dekadzie. Jest to wypadkowa kilku zjawisk, wśród których najsilniej oddziaływają innowacyjne rozwiązania telekomunikacyjne, w tym aplikacje internetowe [https://www.wnp.pl/logistyka].

Zastosowanie Internetu oznacza również sprzedaż elektroniczną, stanowiącą dla firm narzędzie, które ułatwia rozpoznanie potrzeb klientów poszukujących konkretnych usług, zatrzymanie ich na dłużej oraz zachęta do powrotu. Można to osiągnąć poprzez elastyczność i dopasowanie się do wymagań kontrahentów jakością obsługi i funkcjonalnością aplikacji mobilnych. Terminowość, rzetelność, bezpieczeństwo transakcji – tych wyróżników oczekują kontrahenci. Zaawansowane mechanizmy mają pomóc załadowcy w wyszukaniu pewnych partnerów dostępnych w szczycie sezonu lub oferujących tańsze usługi. Nowoczesny system sugeruje dopasowanych przewoźników w oparciu o *active contracts*. Ważne jest również to, że algorytmy będą wspierały wybór wiarygodnego partnera, wyróżnionego certyfikatem. Właśnie te firmy będą mogły liczyć na szybki dostęp do najlepszych zleceń. Dlatego coraz większe znaczenie ma ISO 28000, czyli standard zarządzania

bezpieczeństwem w łańcuchu dostaw (europejski certyfikat dla firm działających w transporcie i logistyce), który pomaga identyfikować zagrożenia, minimalizować ryzyko wystąpienia zdarzeń niepożądanych i zapewnić terminowe dostawy, bez ryzyka strat dla zleceniodawcy i w całej sieci dostaw.

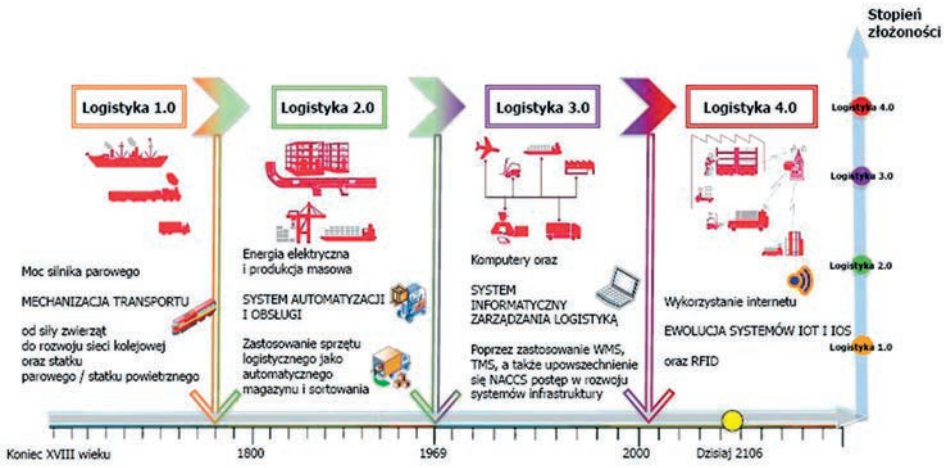
Zapotrzebowanie na wysoko zindywidualizowane produkty i usługi stale rośnie, dlatego procesy łańcucha dostaw muszą dostosowywać się do zmieniającego się środowiska (Premm i Kirn, 2015). Zbiorowość zadań przed jakimi stoi współczesna logistyka w połączeniu z jej globalnym charakterem powoduje, że jest ona jednym z najważniejszych elementów współczesnej gospodarki. Logistyka nie tylko musi nadążać za współczesnymi zmianami, ale w wielu wypadkach je wyprzedzać, spełniając oczekiwania klientów. Stałym elementem działalności logistycznej musi być badanie i prognozowanie zmian. Wymaga to jednak nie tylko dostrzeżenia nowych uwarunkowań i nowych wyzwań dla logistyki, ale ich wieloaspektowej analizy, zrozumienia wzajemnych relacji i oddziaływania. Takie podejście służyć będzie budowaniu nowych koncepcji logistycznych, które w pełni wykorzystywać będą pojawiające się możliwości wynikające z rosnącego tempa rozwoju technologicznego określanego mianem ”rewolucji technologicznej” [Bujak, 2017, s.1338].

Pierwsze trzy rewolucje przemysłowe pojawiły się w wyniku wprowadzenia: mechanizacji, elektryczności i IT (technologii informacyjnej). W obecnych czasach wprowadzenie internetu przedmiotów i usług w środowisku przemysłowym uruchomiło czwartą rewolucją przemysłową, rewolucję z wizją wszystkiego, co wiąże się z wszystkimi innymi innowacjami (Kagermann, Wahlster, Helbig, 2013) Pierwsza rewolucja nastąpiła, gdy w przemyśle zaczęto wykorzystywać siłę pary, druga wraz z wykorzystaniem energii elektrycznej i stworzeniem taśm produkcyjnych. Trzecia rewolucja — nazywana również rewolucją cyfrową — zaczęła się od automatyzacji produkcji i wykorzystania elektroniki, np. programowalnego sterownika.

3.1. (R)ewolucje logistyki

Tak jak w przypadku rozwoju Industry 4.0 zmiany następowały w sposób łagodny (ewolucyjne) lub były to zmiany nagłe (rewolucyjne). Rozumienie logistyki jako dziedziny wiedzy obejmującej planowanie, kontrolę i monitorowanie przepływu w systemach otworzyło nowe perspekty-

wy, stwarzając możliwości poszukiwania modeli teoretycznych w szeroko rozumianym obszarze wiedzy logistycznej. Poszczególne fazy i kierunki rozwoju logistyki od jej powstania do stanu obecnego były szczegółowo analizowane przez wielu autorów [Pfohl, 1998; Witkowski, 2010; Bukowski, 2019b]. W czasie tych okresów należy scharakteryzować rozwój logistyki 1.0, 2.0, 3.0 i obecnej 4.0. [Bukowski, 2019a, s. 66]. Na rysunku 3.1 przedstawiono ewolucję logistyki na każdym z etapów.



Rysunek 3.1. Ewolucja logistyki

Źródło: opracowanie na podstawie Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology, s.25.

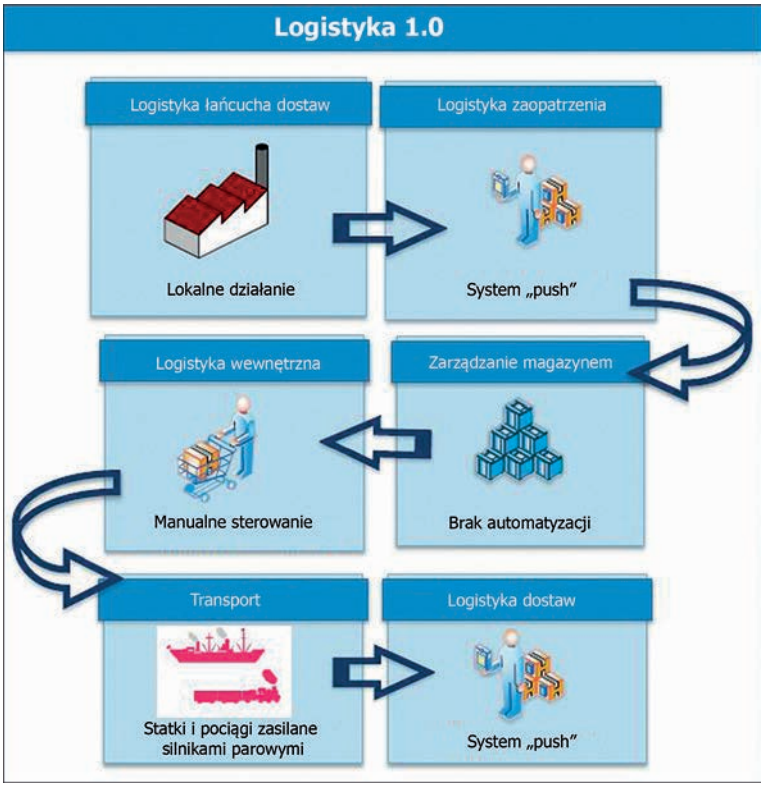
Można zaobserwować przebieg etapów od wykorzystania pary w mechanizacji transportu do ewolucji systemów *Internetu rzeczy* IOT (ang. *Inthernet of things*) i *Internetu usług* – IOS (ang. *Inthernet of services*). Poszczególnym etapom ewolucji logistyki poświęcono kolejne podpunkty rozdziału.

3.1.1. Pierwsza rewolucja przemysłowa. Logistyka 1.0

Pierwsza gwałtowna zmiana w dziedzinie produkcji przemysłowej, rozumiana jako rewolucja, dotyczyła zmiany z pracy ręcznej na produkcję maszynową. Początek tej rewolucji datuje się na drugą połowę siedemnastego wieku w Wielkiej Brytanii. Po kilkudziesięciu latach została przeniesiona

do Europy i Ameryki Północnej. Od tego nastąpiło przekształcenie się pracy ręcznej i opartej na sile zwierząt w pracę z wykorzystaniem maszyn w produkcji przemysłowej i transporcie towarów i ludzi (Revolution I, 2009).

Największym sukcesem tej rewolucji była maszyna parowa wprowadzona przez Jamesa Watta w 1782 r., umożliwiająca znaczny wzrost wydajności produkcji przy użyciu dostarczonej energii w dowolnym miejscu. Wskutek tego nastąpił rozwój produkcji statków oraz sieci kolejowych, co oznaczało rewolucję bez precedensów, znacznie wpływającą na zdolności transportowe. Stanowiło to podstawę rozwoju masowego tranzytu, oznaczającego dla logistyki „mechanizację transportu", określaną jako Logistyka 1.0. Na rysunku 3.2 przedstawiono przebieg procesów w łańcuchu dostaw w ramach Logistyki 1.0.



Rysunek 3.2. Przebieg procesów logistyki 1.0 w łańcuchu dostaw

Źródło: opracowanie na podstawie Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology, s.26.

Dominujące podejście na tym etapie rozwoju logistyki było ukierunkowane funkcjonalnie, co oznacza, że optymalizacja operacji logistycznych była postrzegana jako część odrębnych funkcji, a nie jako część całego procesu dostaw [Bukowski, 2019a, s. 67]. Zarządzanie łańcuchem dostaw opierało się na działaniach lokalnych, firma posiadała dostawców w bliskiej lokalizacji, nie nastąpił jeszcze widoczny rozwój sieci. Większość firm była zarządzana przez indywidualnych właścicieli i partnerów, którzy samodzielnie prowadzili bieżącą działalność operacyjną.

Procesy realizowane w systemie *push* był wykorzystywane do obsługi ruchu zaopatrzenia (ang. *inbound logistics* – „logistyka na wejściu") oraz dostaw (ang. *outbound logistics* – „logistyka na wyjściu").

Logistyka wewnętrzna, określająca organizację, realizację i optymalizację wewnętrznego przepływu materiałów oraz przeładunek towarów odpowiedzialna była za kontrolę przepływu materiałów, ale na tym etapie rozwoju jeszcze w ograniczonym zakresie. Logistyka wewnętrzna realizowana była za pomocą wózków kierowanych przez ludzi. Taka orientacja często powodowała problemy na styku poszczególnych obszarów funkcjonalnych (np. Wąskie gardła w przepływach i słabe ogniwa w systemach) oraz utrudniała kompleksową optymalizację całych procesów logistycznych [Coyle i in., 2010; Krawczyk, 2011].

Pociągi i statki pracujące z silnikami parowymi realizowały zadania w ramach transportowego system logistycznego, transport towarów.

Magazyn stanowił jedynie pomieszczenie, w którym przechowywano materiały lub wyroby gotowe, nie realizując innych dodatkowych funkcji.

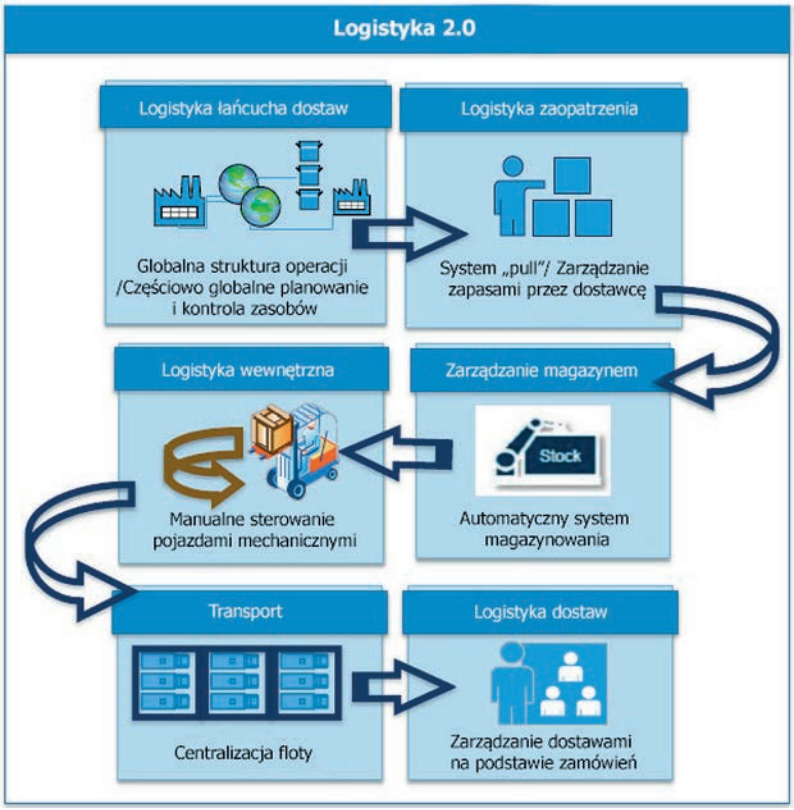
Logistyka dostaw – „logistyka na wyjściu" związana była ze składowaniem towarów i dostarczaniem ich do klientów.

3.1.2. Druga (r)ewolucja przemysłowa. Logistyka 2.0

Drugi okres zmian z technologicznego punktu widzenia uważany jest raczej za ewolucję niż rewolucję. Pojawiły się nowe materiały takie jak stal, miedź lub aluminium, które miały duże znaczenie dla rozwoju przemysłu maszynowego. Rozwinął się również przemysł chemiczny, pojawiły się nowe zasoby energii w postaci elektryczności, a ropa naftowa umożliwiła rozwój komunikacji i transportu [Revolution T.S. 2000].

Globalizacja przemysłu spowodowała zmiany w przemyśle, pozwalające na masową produkcję. Zapoczątkował ją Adam Smith w osiemnastym wieku, a po nim Frédérick W. Taylor na początku dwudziestego wieku wprowadził zasady podziału pracy [Druga rewolucja przemysłowa, 2000].

Postęp w logistyce w tym czasie wiąże się z „automatyzacją przeładunku" szczególnie od lat sześćdziesiątych. Transport koleją i statkami powietrznymi stał się bardziej rozpowszechniony, elektryczność miała wpływ na masową produkcję, automatyczne sortowanie i automatyzację magazynów. Ważną innowacją było rozprzestrzenianie się stosowania kontenerowców, co zwiększyło mechanizację w przeładunkach portowych. Na rysunku 3.3 przedstawiono rozwój obszarów działań w okresie Logistyki 2.0.



Rysunek 3.3. Przebieg procesów logistyki 2.0 w łańcuchu dostaw

Źródło: opracowanie na podstawie Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology, s.28.

Zarządzanie łańcuchem dostaw stało się częściowo globalne. Zostały uregulowane trwałe relacje w dostawach. Powstające nowe rodzaje przemysłu wymagały wiedzy w zakresie mechaniki i inżynierii, dlatego firmy rozpoczęły zatrudnianie profesjonalnych menedżerów z niezbędną wiedzą w zakresie zarządzania w określonych branżach.

Procesy zaopatrzenia w systemie *pull* były uruchamiane w momencie, kiedy przewidywano wystąpienie braku materiałów. Część odpowiedzialności została przeniesiona na dostawcę.

Pojawił się automatyczny magazyn obsługiwany przez urządzenia transferowe w taki sposób, że materiał był przechowywany lub odbierany z magazynu przez coraz bardziej wyspecjalizowane urządzenia. Logistyka wewnątrzzakładowa i transport towarów w fabryce zmieniły się – wózki widłowe zostały zastąpione wózkami elektrycznymi sterowanymi przez ludzi. Pojazdy flotowe koordynowały i prowadziły transport gotowych towarów i surowców.

Proces dostawy planowano według prognozy popytu przed rozpoczęciem produkcji.

Faza Logistyki 2.0 na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku była w dużej mierze odpowiedzią na istotne zmiany rynkowe, a mianowicie ograniczenie produkcji masowej, pozwalające w pełni wykorzystać korzyści skali dla elastycznego dostosowania się do potrzeb nieprzewidywalnego klienta (systemy i procesy logistyczne, niezależnie od struktury własnościowej poszczególnych części łańcucha dostaw i ekonomii zakresu zamiast ekonomii skali). Taka zmiana w funkcjonowaniu przemysłu wymagała zastosowania nowego dynamicznego podejścia, uwzględniającego zmienność środowiska w czasie [Bukowski, 2019a, s. 67].

3.1.3. Trzecia rewolucja przemysłowa. Logistyka 3.0

Trzecia rewolucja przemysłowa nastąpiła dzięki dwóm przełomom technologicznym – pojawiły się maszyny sterowane numerycznie oraz roboty przemysłowe. Maszyny i urządzenia sterowane numerycznie, posiadające komputery z wbudowaną pamięcią i zaprogramowane na realizację określonych operacji zapewniły elastyczność potrzebną w zaopatrzeniu produkcji masowej. Przezbrojenia – czyli zmiana programu pracy maszyny następo-

wała znacznie szybciej niż w przypadku konwencjonalnych maszyn. Pierwszy robot przemysłowy został wyprodukowany w USA w 1961 r. przez Josepha F. Emi Englebergera.

W 1968 r. japońska firma Kawasaki zaczęła produkować własne roboty. W latach siedemdziesiątych na skutek rozwoju komputerów zmniejszone zostały koszty, dzięki czemu bardziej opłacało się zatrudniać roboty niż ludzi (Roal, 2001)

Opracowano system zarządzania logistyką, w ramach którego funkcjonowały inne szczegółowe systemy jak np. system zarządzania magazynem WMS (ang. *Warehouse Management System*), system zarządzania transportem TMS (ang. *Transport Management System*) i IT system, co spowodowało znaczny w zakresie kontrolowania procesów logistycznych.

Na rysunku 3.4 przedstawiono rozwój obszarów działań w okresie Logistyki 3.0.

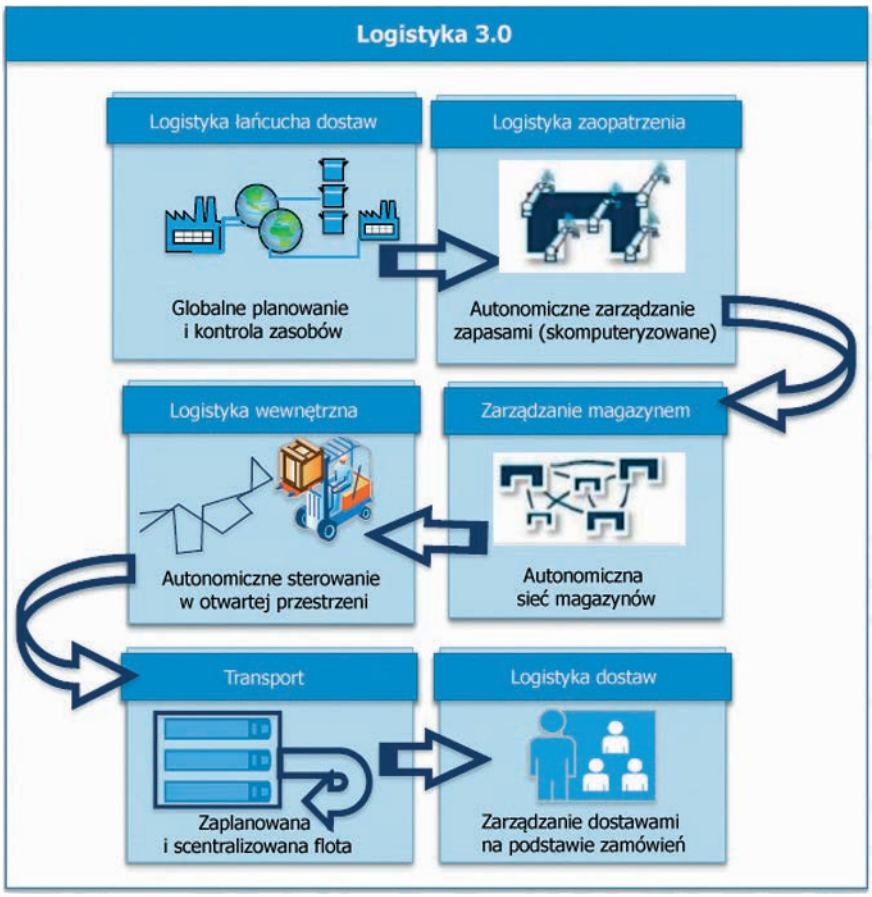
Na tym etapie zarządzanie łańcuchem dostaw staje się globalne i występuje rozwinięty kontroling działań. Stosowane jest zaawansowane oprogramowanie do opracowywania planu zamówień od dostawców w zakresie logistyki zaopatrzenia (na wejściu).

Logistyka produkcji i przemieszczanie towarów wewnątrz fabryki odbywają się z wykorzystaniem automatycznych linii sterowanych wózków widłowych oraz dzięki robotom wyznaczającym trasy. Logistyka wewnętrzna obejmuje wewnętrzny przepływ materiałów między różnymi „węzłami logistycznymi" – od przepływu materiałów w produkcji, w centrach dystrybucji towarów oraz na lotniskach i portach morskich – jak również związany z nim przepływ informacji [https://www.logistics-journal.de/about/intralogistics].

Również zarządzanie magazynem jest planowane i kontrolowane przez oprogramowanie.

Transport gotowych towarów i surowców odbywa się przez pojazdy flotowe, gdzie optymalizacja tras jest określana i obliczana przez specjalistyczne oprogramowanie. Proces dostawy jest zarządzany zgodnie z planem i harmonogramem przygotowywanym przed rozpoczęciem produkcji.

Taka zmiana perspektywy w kwestiach logistycznych umożliwiła kompleksowe podejście do optymalizacji transformacji od elastyczności w zarządzaniu dostawami do wyższego poziomu, czyli zwinności [Bukowski, 2019a, s. 67].



Rysunek 3.4. Proces zarządzania łańcuchem dostaw. Logistyka 3.0

Źródło: opracowanie na podstawie Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology, s.30.

3.1.4. Czwarta rewolucja przemysłowa. Logistyka 4.0

Wprowadzenie Internetu rzeczy i usług (IoT i IoS) do produkcji, zapoczątkowało czwartą rewolucją przemysłową [Kangermann, Wahlster & Halbig 2013]. IoT optymalizując procesy logistyczne umożliwia połączenie wszystkich funkcji i informacji w czasie rzeczywistym. Przemysł 4.0 charakteryzuje wzrost nowych form produkcji przemysłowej w porównaniu do wcześniejszych rewolucji. W oparciu o różnorodną technologię opracowano nowe sposoby produkcji. [Schmidt, Hohring,Harting, Reichstein, Neumaier i Jozinovic, 2015].

Ta nowa zmiana paradygmatu produkcji była właśnie wynikiem zastosowania internetu, który umożliwił komunikację między maszynami i ludźmi w czasie rzeczywistym wykorzystując tzw. „inteligentne produkty i inteligentne usługi" w zaawansowanych zdigitalizowanych fabrykach. „Inteligentna fabryka" łączy w sobie wszystkie elementy procesów produkcyjnych, gdzie wyjątkowe zdolności adaptacyjne wynikają z wzajemnych połączeń procesów, wysokiej wydajności i ergonomii rozwiązań [Lasi, Kempen, Feltke, Feld i Hoffman, 2014].

Elastyczne planowanie logistyki w stosunku do zmian w podaży i popycie pozwala na programowanie przyszłych inteligentnych fabryk, które będą działać jako „wielki mózg" dzieląc się informacjami w czasie rzeczywistym. Na rysunku 3.5 przedstawiono rozwój obszarów działań w okresie Logistyki 4.0, gdzie istotne zmiany w stosunku do poprzednich etapów spowodowane są właśnie wpływem Internetu rzeczy". Celem rozwoju nowoczesnych technologii jest poszukiwanie równowagi pomiędzy automatyzacją i mechanizacją oraz oszczędnością i elastycznością.

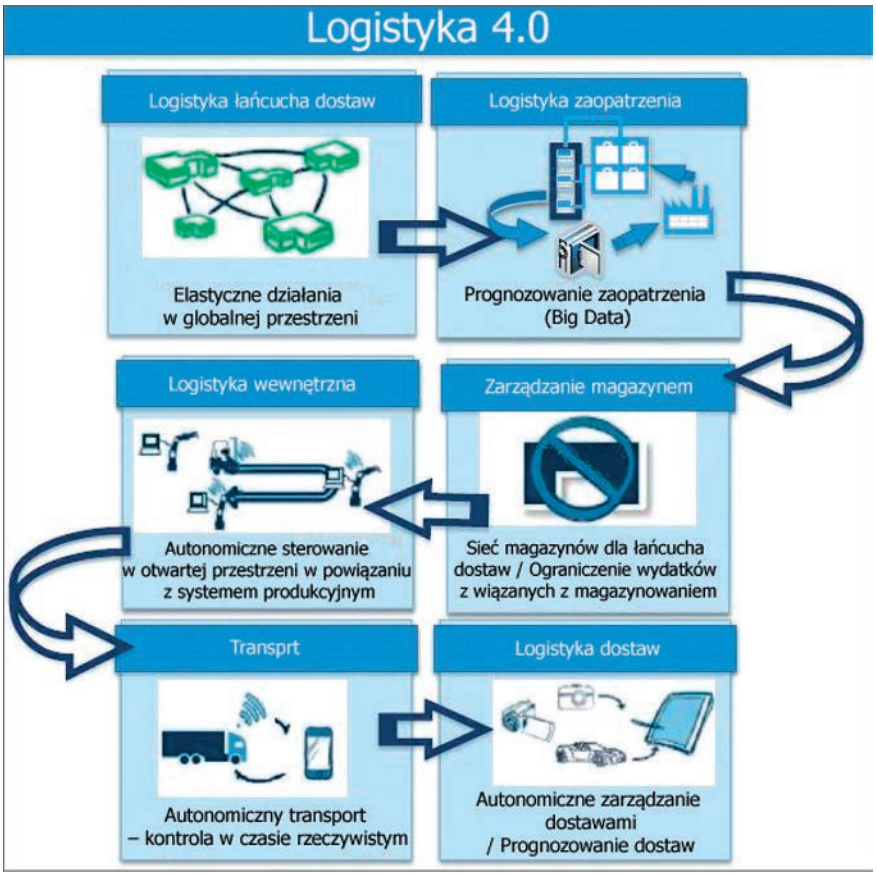
Zarządzanie łańcuchem dostaw dla Logistyki 4.0 oznacza elastyczną współpracę w dużej sieci interesariuszy (klientów i dostawców) skupioną na platformie internetowej, gdzie zamówienia są realizowane w czasie rzeczywistym. Big Data pozwalają na wysoki poziom prognozowania logistyki zaopatrzenia – logistyki na wejściu.

Może to pomóc w opracowaniu inteligentniejszej wersji zarządzania łańcuchem dostaw, która jest mniej podatna na ryzyko, zakłócenia i nieprzejrzystość, ale toruje drogę do rozwoju logistyki przewidującej, która przewiduje i reaguje na potrzeby klientów, zanim się pojawią [Bukowski, 2019b].

Przepływ towarów wewnątrz fabryki czyli logistyka wewnętrzna musi być całkowicie kompatybilna z logistyką zaopatrzenia i dostaw. Charakterystyczny jest dla niej wysoki poziom automatyzacji.

Wskutek takich działań koszty magazynów są zredukowane do minimum ze względu na wysoką przewidywalność dostaw. Programowanie tras dla całych flot pojazdów na platformach internetowych pozwala na śledzenie tras (np. klienci i za pomocą GPS – Global Positioning System) i lokalizację ładunków w czasie rzeczywistym.

Wysoka dokładność prognoz w zakresie dostaw pozwala zaoszczędzić czas i obniżyć koszty transportu. Procesy transportu zawsze będą miały duży wpływ na strukturę kosztów logistyki (rys. 3.6).

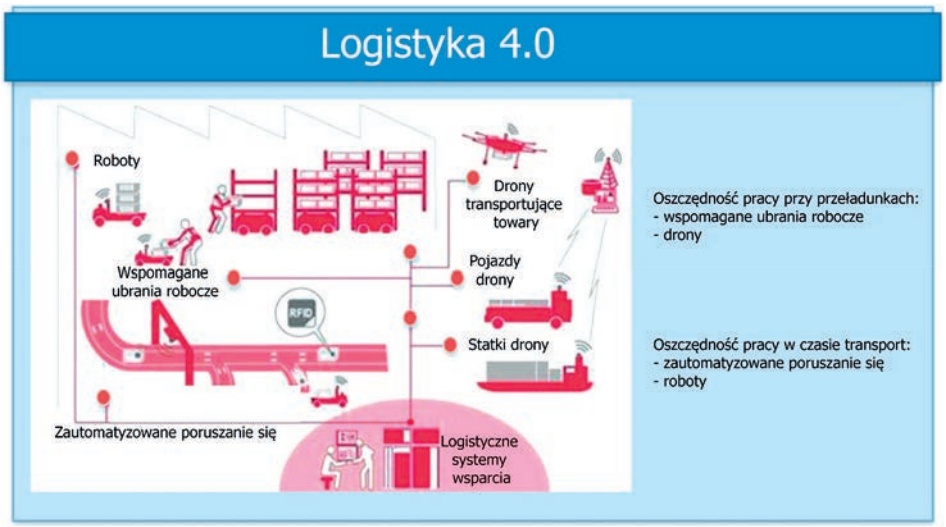


Rysunek 3.5. Zarządzanie łańcuchem dostaw – Proces logistyki 4.0

Źródło: opracowanie na podstawie Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology, s.35.

Przy częściowej automatyzacji koszty logistyki zależeć będą od kosztów osobowych. Problemy magazynowe mogą być rozwiązane przez automatyczne roboty sterowane w bezzałogowych wózkach widłowych.

Planowane jest na coraz szersza skalę użycie dronów również jako środka transportu. Trwają prace nad rozszerzeniem tego rodzaju transportu. Niektóre firmy są zainteresowane wykorzystaniem dronów kontroli transportu lub stanu ładunków, czy zapasów magazynowych. Przewiduje się, że użycie dronów w zarządzaniu zapasami będzie się w przyszłości rozwijać.



Rysunek 3.6. Technologie wspierające w Logistyce 4.0

Źródło: opracowanie na podstawie Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology, s.32.

Dostęp do informacji w czasie rzeczywistym, automatyzacja procesów, płynna realizacja zleceń i obniżenie kosztów – to priorytety napędzające liderów branży. Innowacyjne platformy logistyczne, spełniające najwyższe standardy, mają ułatwiać współpracę w ramach łańcucha dostaw. Zaawansowane narzędzia pozwalają na rozpoznanie potrzeb załadowców i dopasowanie odpowiedniego ładunku do przewoźników. Z kolei prosta integracja z systemami klasy WMS/ERP umożliwia importowanie danych, co wpływa na redukcję kosztów i czasu obsługi zamówień.

W świecie 4.0 na pierwszy plan wysuwają się pojęcia Big Data i Business Intelligence. Możliwość gromadzenia danych, w połączeniu z dynamicznym rozwojem metod przetwarzania i dedukcji, pozwala na optymalizację procesów logistycznych, szybsze i tańsze dostarczenie usług oraz wyprzedzanie zapotrzebowania klientów firm transportowych, np. poprzez odpowiednie planowanie tras ciężarówek. Coraz większe znaczenie mają tzw. chmury obliczeniowe, czyli cloud computing, które pozwala na korzystanie z danych w przestrzeni online, bez konieczności instalacji dodatkowego oprogramowania. Koniec XX wieku to wyścig firm specjalizujących się w miniaturyzacji niezbędnej w osiągnięciu dwóch celów: zapewnieniu

odpowiedniej mocy obliczeniowej oraz stworzeniu nośników mieszczących duże ilości danych. Kolejnym etapem jest nowoczesne oprogramowanie oparte na algorytmach i dostęp do wartościowych informacji. Te kroki pomogą w przyszłości automatycznie decydować o kolejnych krokach na dowolnym etapie działania łańcucha dostaw [https://www.log24.pl].

3.2. Przemysł 4.0 a współczesna logistyka

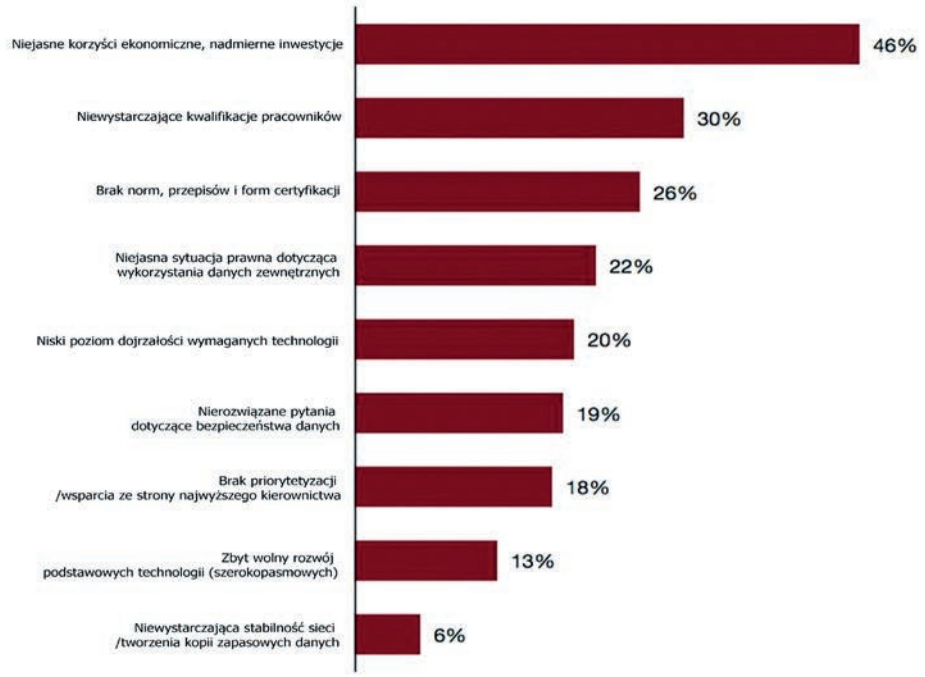
Nowoczesne technologie wpływają na organizację pracy, planowanie poszczególnych etapów produkcji czy transportu. Integracja systemów informatycznych oraz wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań i stosowanie zaawansowanych narzędzi pozwala na skuteczne przyspieszenie działań przedsiębiorstwa i obniżenie koniecznych nakładów finansowych. Jaki zatem wpływ ma Przemysł 4.0 na współczesną logistykę?

Podstawowymi założeniami postępującej w szybkim tempie globalnej rewolucji przemysłowej 4.0 jest nastawienie na integrację systemów, a także tworzenie rozległych, sprawnie działających sieci. Wprowadzane do przedsiębiorstw innowacyjne rozwiązania poprawiają integrację ludzi z maszynami sterowanymi za pomocą różnych technologii informacyjnych, co sukcesywnie poszerza obszar ułatwiający przepływ danych. Dzieje się to zarówno w pionie (pomiędzy komponentami a działami IT), jak i w poziomie (łączącym maszyny z działu produkcyjnego oraz system kontrolujący procesy produkcyjne całego przedsiębiorstwa). Dzięki tego rodzaju zmianom wzrasta elastyczność pracy firmy. Jest to zauważalne na przykładzie znacznej indywidualizacji towarów dostosowanych do potrzeb klienta, czy zoptymalizowania procesów i sposobów gromadzenia zapasów. Ponadto, przemysł 4.0 pozwala osiągnąć konkurencyjność rynkową, przede wszystkim poprzez obniżenie kosztów produkcji i ekonomiczne połączenie świata fizycznego z wirtualnym.

3.2.1. Inteligentny rozwój produkcji i łańcuchów dostaw

Główne wyzwania wynikające z wdrażania nowoczesnych technologii cyfrowych i automatyzacji wiążą się ze znaczącymi inwestycjami w oprogramowanie i maszyny, a także z konieczną transformacją firm. Niejasne

korzyści ekonomiczne i wysokie inwestycje to zatem dwa najważniejsze problemy wynikające z dążenia do wdrożenia tej technologii. Zmiana wymagań wobec pracowników stanowi kolejny problem wynikający z niewystarczających kwalifikacji w zakresie technologii cyfrowej. Internet Rzeczy i cyfryzacja wymaga od pracowników wysokich kompetencji w dziedzinie danych i technologii informacyjnej. Główne problemy, przed którymi stoją firmy w związku z czwartą rewolucją przemysłową przedstawiono na rysunku 3.7.



Rysunek 3.7. Problemy czwartej rewolucji przemysłowej

Źródło: Industry 4.0. Opportunities and challenges of the industrial internet. https://www.pwc.pl/pl/pdf/industry-4-0.pdf

Pomimo zidentyfikowanych problemów zintegrowanie systemów i ludzi, wyznaczające główny kierunek przemian w obrębie rewolucji 4.0 pozwala z powodzeniem rozwijać się branży logistycznej. Pierwszy etap wprowadzania innowacji dotyczy pracy magazynów, w których coraz częściej stosuje się inteligentne czujniki umożliwiające przekazywanie informacji o wypełnieniu przestrzeni. Istotne jest również wirtualne planowanie

załadunku oraz rozładunku, oparte na specjalnych modułach sieciowych. Zwiększenie wydajności produkcji związane jest dodatkowo z optymalizacją i automatyzacją przepływu danych. Skraca również czas wykonywania poszczególnych czynności służących weryfikacji zamówienia w e-sklepach oraz identyfikacji pomyłek w pracy operatorów lub przewoźników.

Technologie wpisujące się w nurt przemysłu 4.0 sprawiają, że coraz lepiej można organizować optymalny łańcuch dostaw. Cyfrowe zmiany towarzyszące planowaniu przesyłu towarów, umożliwiają wyznaczanie najszybszych tras przejazdów oraz przewidywanie ewentualnych komplikacji. Poza tym, dostarczany do klienta produkt wyróżnia się zaawansowaną personalizacją, pożądaną obecnie w praktycznie każdej dziedzinie gospodarczej. Nowoczesne technologie stanowią szansę zwiększenia zasięgu działalności firm logistycznych.

Wpływ przemysłu 4.0 na logistykę jest obecnie widoczny w praktycznie każdej nowoczesnej firmie. Sprawna integracja różnych etapów produkcji, a następnie optymalizacja łańcucha dostaw gwarantują wzrost wydajności pracy, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów świadczonych usług. Innowacyjne narzędzia, zwłaszcza inteligentne systemy informatyczne ułatwiają i przyspieszają wszelkie wykonywane dotychczas zadania.

Logistyka 4.0 jest kolejną, lepszą wersją do tej pory stosowanej logistyki. Zmiana ta dokonała się za pomocą cyfrowej transformacji, która wpłynęła na cały łańcuch dostaw. Coraz więcej firm decyduje się na ten nowy model organizacji działań logistycznych, co wiąże się z wykorzystaniem rozwiązań skupionych wokół innowacji i efektywnego wykorzystania najnowszych technologii. Współczesna logistyka odchodzi od wykorzystywania silosów danych, które prowadzą do rozproszenia posiadanych informacji, na rzecz *big data* i *internetu rzeczy* czy *usług*. Automatyzacja i informatyzacja, stosowane już w procesie produkcji i w magazynach, zostały wsparte nowymi rozwiązaniami, które umożliwiły nastanie czwartej rewolucji przemysłowej.

Logistyka 4.0 zakłada wykorzystanie nowych technologii do zapewnienia cyfrowej komunikacji i usprawnienia wymiany danych pomiędzy wszystkimi elementami składającymi się na łańcuch dostaw – ludźmi, urządzeniami, maszynami, produktami, procesami. Wywodząc się z konceptu przemysłu 4.0., charakteryzuje się dążeniem w stronę digitalizacji i szerokiego stosowania innowacji. Logistyka 4.0 wiąże się ze wzrostem znacze-

nia przepływu i analizy danych na przestrzeni całego łańcucha dostaw oraz połączeniu tych informacji i ich skoordynowaniu z pracą maszyn, urządzeń, systemów składowania czy systemów informatycznych wykorzystywanych do zarządzania procesami logistycznymi. Przejście w etap logistyki 4.0 to zmiana, która będzie mieć duży wpływ na modele biznesowe firm. Kluczowym elementem staje się ogromna ilość dostępnych danych oraz umiejętność ich odpowiedniej i szybkiej interpretacji, która przyniesie korzyść działalności przedsiębiorstwa.

3.2.2. Główne wyzwania współczesnej logistyki

Istnieje wiele wyzwań, z którymi muszą się zmierzyć przedsiębiorstwa wraz z wejściem w etap logistyki 4.0. Wśród najbardziej istotnych zagadnień należy wskazać przede wszystkim ***skrócenie czasu realizacji zamówień.*** Firmy muszą sprostać rosnącym wymaganiom klientów, którzy oczekują najszybszego dostępu do zamówionego produktu. Wiąże się to z zarządzaniem fizycznymi zapasami i gospodarką magazynową – skomplikowanym procesem, gdzie ewentualne błędy w jego realizacji będą wiązać się z występowaniem pomyłek oraz rosnącymi kosztami. Przy wysokiej rotacji produktów, każda gwałtowna zmiana w popycie może wpłynąć na czas realizacji zamówienia. Dążenie do szybkiego dostosowania łańcucha dostaw do aktualnych potrzeb w logistyce 4.0 jest możliwe dzięki ciągłej analizie dostępnych danych. Firmy będą **w stanie skuteczniej przewidywać okresy wzmożonej aktywności klientów i zwiększonego popytu, a** tym samym odpowiednio szybko adaptować procesy logistyczne i przebieg łańcucha dostaw do wymagań rynku. Przedsiębiorstwa muszą działać w sposób elastyczny, ponieważ elastyczność jest tu czynnikiem kluczowym.

Kolejnym wyzwaniem, które czeka firmy w epoce logistyki 4.0, jest ***cyfryzacja i informatyzacja łańcucha dostaw***, a dokładnie – integracja rozwiązań informatycznych z systemami i urządzeniami stosowanymi np. w magazynie lub centrum produkcyjnym. Maszyny, roboty, urządzenia wykorzystują**ce koncepcję** internetu rzeczy IoT (ang. *Internet of Things*) potrzebują systemu zarządzania magazynem, np. WMS, aby się ze sobą komunikować i nadzorować poszczególne etapy łańcucha dostaw.

Logistyka 4.0 to także odpowiedź na rosnącą popularność strategii ***wszechkanałowości*** (ang. *omnichannel*), która z jednej strony pozwala

zwiększyć liczbę klientów (łatwiejszy dostęp do kanałów sprzedaży), z drugiej pozytywnie wpływa na ich doświadczenia zakupowe. Obydwa te czynniki stanowią podstawę wzrostu wyników sprzedażowych, dlatego firmy działające w branży *e-commerce* jako priorytet stawiają organizację swojej działalności w symbiozie z „klientem 4.0", czyli klientem cyfrowym. Wdrażając strategię omnichannel, należy zwrócić uwagę na dwa aspekty: konieczność cyfrowej transformacji przedsiębiorstwa w celu sprostania wymaganiom współczesnych klientów, którzy dokonują zakupów z coraz większej liczby kanałów sprzedażowych, oraz zapewnienie odpowiedniej organizacji magazynu i łańcucha dostaw. Tradycyjny obiekt składowania nie będzie w stanie skutecznie obsłużyć strategii wszechkanałowej, należy go przystosować do wymagań branży *e-commerce* [www.mecalux.pl].

Istotnym wyzwaniem jest również ***wykorzystanie big data do przewidywania potrzeb klientów***. Rozwój *big data*, czyli gromadzenia ogromnych zbiorów danych i ich przetwarzania pod kątem celów sprzedażowych, pozwala firmom profilować bardzo dokładny obraz potencjalnego klienta i jego zachowań. Dostęp do tak dużej bazy danych pomaga przewidywać okresy zwiększonej sprzedaży i efektywnie zarządzać potrzebami generowanymi przez rynek. Logistyka 4.0 i ekspansja koncepcji *big data* pozwoliły stworzyć narzędzia analityczne, dzięki którym możliwe jest pozyskiwanie danych z najróżniejszych, czasem odległych źródeł (np. historie sprzedażowe, prognozy pogody, lokalne wiadomości czy śledzenie konwersacji w *social media*) i ich analiza pod kątem przewidywania tendencji zakupowych.

Ostatnim, ale równie istotnym jak pozostałe wyzwaniem jest ***kontrola i identyfikowalność każdego etapu łańcucha dostaw***. Efektywny łańcuch dostaw powinien zapewniać 100% identyfikowalność produktów na każdym etapie.

Logistyka 4.0 wykorzystuje takie rozwiązania jak np. RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*) – elektryczne identyfikatory, którymi oznaczane są ładunki, dostarczające informacji na temat aktualnego stanu czy lokalizacji artykułów, a także zapewniające standaryzację danych przekazywanych pomiędzy poszczególnymi etapami łańcucha dostaw. Coraz częstsze zastosowanie w logistyce 4.0 znajduje również koncepcja *blockchain,* czyli rozproszonej bazy danych. Zapewnia ona pełną transparentność i większe bezpieczeństwo danych przesyłanych w obrębie łańcucha dostaw.

Istotne zmiany następują również poprzez zastosowanie logistyki 4.0 w zarządzaniu magazynem i dystrybucją towarów, które wiążą się przede wszystkim z nieustanną analizą danych, a w szczególności wykorzystaniem analizy predyktywnej do zbadania łańcucha dostaw w celu zminimalizowania zagrożeń, które mogą wystąpić w trakcie realizacji zamówień. Przeprowadzanie analizy predyktywnej jest niezbędne w przypadku magazynów, które zamierzają pracować według metody *just in time*.

Współczesna logistyka to dynamiczny proces, który jest w nieustannej ewolucji. Zachodząca transformacja dotyczy każdego elementu: ludzi, magazynów, urządzeń oraz stosowanego oprogramowania. Firmy, które nie podejmą się wyzwania przejścia w nowy etap działalności, mogą przegrać na rynku rywalizację o coraz bardziej wymagającego klienta. Logistyka 4.0 i cyfrowa transformacja to szansa na rozwój, ale także ogromne wyzwanie, którego sprostanie wymaga dokładnej analizy każdego aspektu funkcjonowania firmy.

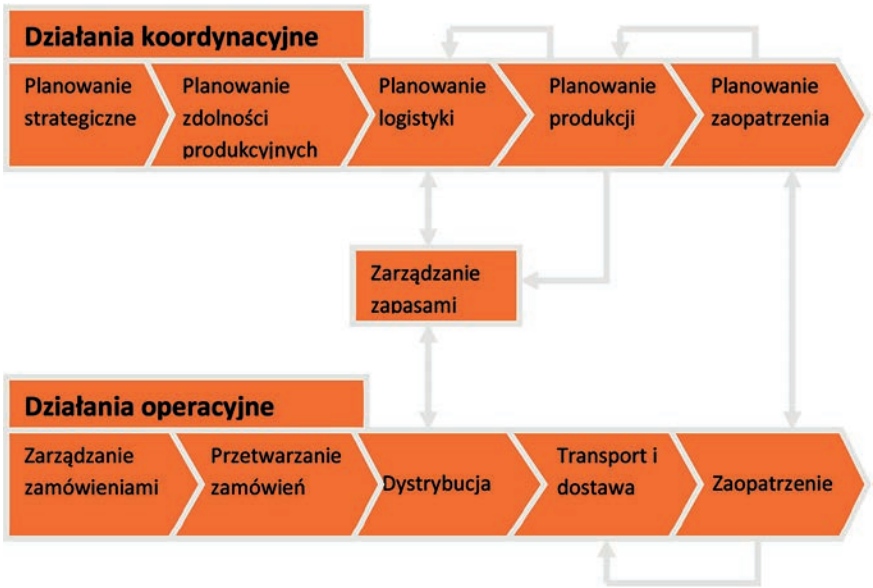
3.3. Wybrane rozwiązania w ramach Logistyki 4.0

3.3.1. Wybrane systemy informatyczne wspierające logistykę przedsiębiorstwa

Logistyka 4.0 wiąże się z szerokim zastosowaniem najnowszych technologii informacyjnych do wspomagania zarządzania logistycznego przedsiębiorstwem (np. produkcją, gospodarką magazynową, obsługą cykli realizacji zamówień) oraz do wspomagania zarządzania otoczeniem biznesowym, zwłaszcza łańcuchami dostaw (np. zaopatrzeniem, dystrybucją). Rola logistyki (przeobrażającej się w e-logistykę) we współczesnej gospodarce jest niekwestionowana, trzeba bowiem indywidualizować oferty produktów i usług, a tym samym je zdywersyfikować, aby zapewnić szybkie i indywidualne dostawy, gwarantować coraz większą niezawodność i elastyczność na całym świecie [Wieczerzycki 2012]. Dzięki internetowi i specjalistycznego oprogramowaniu, logistyka zyskuje nowe możliwości, a zarządzanie flotą i dostawami jest łatwiejsze, szybsze i co najważniejsze – bardziej oszczędne. Za rozwojem e-biznesu, podąża e-logistyka. Zaawansowane metody przewidywania podaży, zarządzie gospodarką magazynową i wsparciem jest dziś nieodzownym elementem dużych systemów logistycznych.

Bez zastosowania odpowiednich środków oraz technik przetwarzania informacji w postaci systemów komputerowych i specjalistycznych programów użytkowych, procesy logistyczne nie mogłyby zaistnieć [Sadowska 2014, s.180]. System informatyczny w logistyce definiowany jest jako funkcjonalnie powiązany zbiór elementów (układów działania), w którym zastosowano sprzęt i oprogramowanie komputerowe do wsparcia przepływu informacji. Techniki komputerowe są z reguły wykorzystywane do sterowania procesami produkcji, procesami magazynowania i zapasów, prac administracyjnych, ewidencyjnych, rozrachunkowych, procesów informacyjno-decyzyjnych, zintegrowania wszystkich funkcji w sferze logistyki [Korczak 2013, s. 43].

Informatyczne systemy zarządzania pozwalają na gromadzenie i generowanie informacji niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa. Podział działań i przepływ informacji w systemie zaprezentowano na rysunku 3.8.



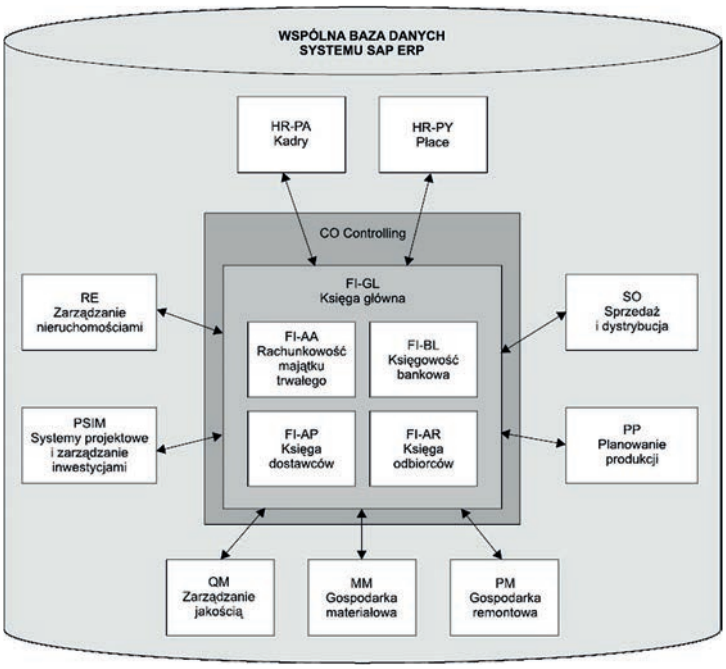
Rysunek 3.8. Przepływ informacji w systemach informacji logistycznej

Źródło: opracowanie na podstawie Bowersox D.J., Closs D.J., Bixby Cooper M.: Supply chain logistics management, Boston 2010, s. 146.

Do najbardziej znanych i najczęściej stosowanych w praktyce systemów planowania i sterowania produkcją oraz logistyką można zaliczyć:

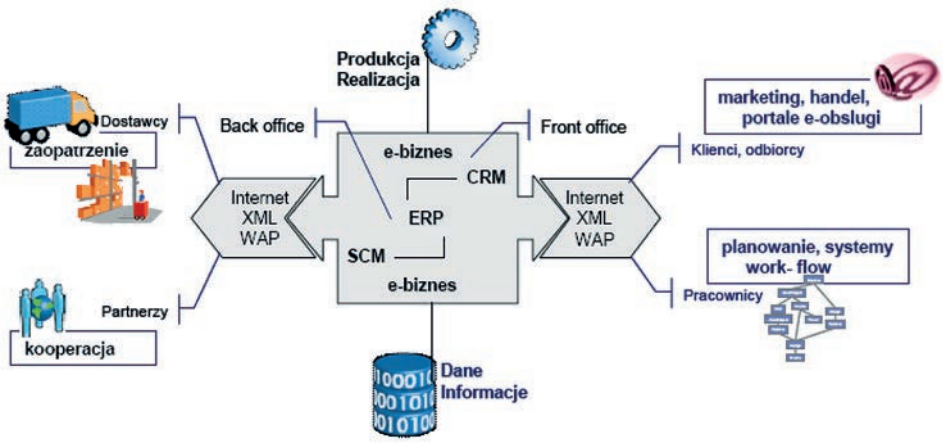
- systemy planowania zapotrzebowania materiałowego (ang. *Material Requirement Planning* – MRP I), które wspomagają kontrolę poziomu zapasów, aby zapewnić ciągłość produkcji poprzez zapewnienie dostępności materiałów, komponentów i produktów dla planowanej produkcji oraz dostaw do klienta, utrzymanie najniższego możliwego poziom zapasów oraz wspomaganie planowania działań produkcyjnych, harmonogramów dostaw, a także działań zakupowych;
- systemy planowania zasobów produkcyjnych (ang. *Manufacturing Resource Planning* – MRP II), wspomagajace takie aspekty działalności jak: planowanie zasobów produkcyjnych, sterowanie zasobami i produktami przedsiębiorstwa oraz zarządzanie przedsiębiorstwem w aspekcie finansowym, planowanie sprzedaży, zarządzanie kadrami oraz stanowiskami roboczymi. System został opracowany, aby zwiększyć możliwości przedsiębiorstwa w zakresie sprawnego i szybkiego reagowania na zmieniający się popyt oraz potrzeby klientów przy równoczesnej redukcji poziomu zapasów [Klonowski 2004, s. 66; Pochet Y., Wolsey L.A. 2006, s.4];
- systemy zmodyfikowane ERP (ang. *Enterprice Resource Planning*), definiowane jako systemy planowania zasobów przedsiębiorstwa, które stanowią najbardziej zaawansowaną grupę zintegrowanych systemów wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem. System ERP jest w pełni zintegrowanym systemem informatycznym, który obejmuje wszystkie obszary działalności przedsiębiorstwa, przedstawione poglądowo na rysunku 3.9.

System ERP jest przede wszystkim wykorzystywany w planowaniu dystrybucji i produkcji. Na podstawie analiz finansowych pomaga w przewidywaniu popytu i ocenie rynku. W planowaniu dostaw pomaga SCM (ang. *Supply Chain Management*), dzięki któremu można zarządzać łańcuchami dostaw i przepływem finansów pomiędzy firmami. System SRM (ang. *Supplier Realtionship Management*) pozwala kontrolować całą bazę dostawców wraz z wglądem we własne zapasy. Wreszcie CRM (ang. *Customer Relationship Management*) koncentruje się na relacjach z klientami, zarówno tymi obecnymi jak i przyszłymi. Zawiera takie elementy jak kampanie marketingowe, obsługa klienta i elementy analizy rynku. Poznanie możliwości systemów jest kluczem do utrzymania stabilności i niezawodności logistycznego panelu e-commerce [www.heuristic.pl]. (rys. 3.10.)



Rysunek 3.9. Struktura systemu klasy ERP

Źródło: Auksztol J., Balwierz P., Chomuszko M.: SAP. Zrozumieć system ERP, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, s.23



Rysunek 3.10. Systemy usprawniając logistykę w firmach

Źródło: Grodzka D., Edemokracja, [w:] Społeczeństwo informacyjne, D. Grodzka (red.), „Studia BAS" 2009, nr 3(19). s. 65-66.

Duża elastyczność systemów klasy ERP, która wynika z faktu, iż modułu mogą funkcjonować samodzielnie, pozwala na ich zastosowanie w większości przedsiębiorstw. System ERP ma za zadanie równoważenie popytu i podaży, poprzez łączenie klientów i dostawców w łańcuch dostaw, wspomaganie procesów decyzyjnych oraz koordynację sprzedaży, marketingu, operacji finansowych, logistyki, zaopatrzenia, rozwoju produktu oraz zarządzania zasobami ludzkimi. Cele systemu obejmują wysoki poziom obsługi klienta, wskaźnik rotacji zapasów oraz wydajności produkcji, niski poziom kosztów działalności, a to stanowi podstawę do efektywnego zarządzania łańcuchem dostaw [Wallace, Kremzar 2001, s. 10].

Na bazie tych systemów w ramach rozwoju logistyki rozwinęły się kolejne, w oparciu o coraz szersze wykorzystanie Internetu. Istotne znaczenie maja tu wykorzystywane technologie, stanowiące elementy techniczne wspierające Logistykę 4.0.

3.3.2. Technologie wykorzystywane w inteligentnej logistyce

W ramach Logistyki 4.0 pojęcie Smart Logistics – inteligentnej logistyki wiąże się z siłą technologii wykorzystywanej do:

- *identyfikacji,*
- *lokalizacji,*
- *wykrywania,*
- *przetwarzania i*
- *działania* w systemach logistycznych.

Pierwszym krokiem jest ***identyfikacja*** produktów w świecie wirtualnym i rzeczywistym. Do identyfikacji obiektów logistycznych wykorzystuje się wspomniany wcześniej system RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*), wykorzystujący oznaczanie obiektów znacznikiem (tagiem). Czytnik identyfikuje obiekt, gdy znajduje się obok niego i wysyła informacje o produkcie falami radiowymi do komputera, który przetwarza te dane. System RFID jest ważną technologią posiadającą szeroki zakres zastosowań, w tym w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Oferuje wygodny sposób identyfikacji obiektów oznaczając „właściwą rzecz", „właściwy czas" i „właściwe miejsce" potwierdzone numerem identyfikacyjnym dostarczonym przez znacznik RFID (Uckellmann, 2008). Korzyści z zastosowania technologii RFID obejmują obniżenie kosztów pracy, uproszczenie procesów biznesowych

i zmniejszenie niedokładności inwentaryzacji oraz przejrzystość w procesach logistycznych. Ta technologia zostanie szerzej opisana w kolejnym rozdziale.

Identyfikacja jest związana z ***lokalizacją*** lub rejestracją miejsca identyfikacji przy wykorzystaniu systemów lokalizujących w czasie rzeczywistym – RTLS (ang. *Real-Time Locating System*). RTLS łączą funkcje identyfikacji obiektów i lokalizowanie ich w czasie rzeczywistym. Niektóre systemy lokalizując w czasie rzeczywistym zapewniają fizyczną pozycję (np. GPS) a inne odnoszą się do położenia symbolicznego np. wydawanie towarów. RTLS jest odpowiedzią na potrzebę stałego monitorowania obiektów fizycznych we współczesnych procesach produkcji, transportu lub świadczenia usług. Dzięki umieszczonym na obiektach znacznikom, możliwe jest ustalenie ich położenia i monitorowanie przemieszczania w czasie rzeczywistym. Pozwala to na bieżącą kontrolę stanu magazynu, przebiegu procesu produkcji, obserwację osób, a nawet zwierząt przebywających na określonym obszarze [www.erp24.pl/aid-rfid-wms/rtls-rewolucyjna-technologia-lokalizacyjna.html].

Szerokie zastosowanie i wysoka funkcjonalność pozwalają nazwać tę technologię rewolucyjną i przewidywać, że stanie się w niedługim czasie obowiązującym standardem. Obecnie z powodzeniem wdrażana jest w wielu przedsiębiorstwach, które dążą do optymalizacji prowadzonych przez siebie działań. Nigdy wcześniej lokalizacja nie była bowiem tak prosta i jednocześnie skuteczna, co przyczynia się do zwiększenia wydajności oraz jednoczesnego redukowania zbędnych kosztów.

Oprócz wewnętrznych systemów lokalizacyjnych opartych na częstotliwościach radiowych, podczerwieni i ultradźwiękach stosowane są również technologie optyczne. Oprócz wewnętrznych systemów lokalizacyjnych opartych na częstotliwościach radiowych, podczerwieni i ultradźwiękach stosowane są również technologie optyczne. Generalnie każdy czytnik lub etykieta przymocowana do ustalonego miejsca oznacza lokalizację systemu komórki pochodzenia (ang. *transponder – of – origin*). Do śledzenia palet używane są transpondery na podłodze, które mają czytniki niskiej częstotliwości wskazujące pozycję, podczas gdy wózek widłowy je mija. Innym sposobem lokalizowania w czasie rzeczywistym jest pomiar siły odbieranego sygnału, gdy znacznik mieści się w zakresie odczytu wielu anten i amplituda może być użyta do zlokalizowania znacznika.

Kolejnym aspektem związanym z określaniem położenia obiektu w systemie lokalizacyjnym jest precyzyjne określenie wartości TDOA (ang.

Time Difference Of Arrival), czyli różnicy czasów przybycia/nadejścia sygnałów od poszczególnych anten. Typowo różnice te wyznacza się na podstawie przebiegów czasowo-częstotliwościowych sygnałów [Zhang, Yin, Wang 2010, s. 2862–2865] Systemy TDOA używają algorytmów trangulacji i szacowania lokalizacji uwzględniając stopień synchronizacji między czytnikami przy mierzeniu dokładnych czasów. Na podstawie pomiarów wykonanych przy wykorzystaniu kilku nadajników/odbiorników możliwe jest określenie położenia badanego obiektu.

Kolejna z stosowanych w ramach RTLS technik – AOA (ang. *Angle of Arrival*) – polega na określeniu kąta nadejścia odbieranego sygnału. Metoda ta bazuje na co najmniej 2 punktach odniesienia i pomiarze dwóch kątów, co umożliwia określenie położenia badanego obiektu. Systemy AoA są stosowane w portach lotniczych, w których zlokalizowane są obrotowe anteny radarowe do lokalizacji samolotów. Anteny są obracane, aby znaleźć kierunek najwyższego sygnału siły. Tablice anten są również używane do pomiaru kątów.

W przypadku 20 systemów hybrydowych wykorzystuje się więcej niż jedną technikę, dzięki czemu możliwe jest dokładniejsze określenie położenia obiektu lub zmniejszenie minimalnej liczby punktów odniesienia. Systemy lokalizacyjne można też podzielić na unilateralne, w których określenie pozycji odbywa się na podstawie sygnałów docierających do lokalizowanego obiektu lub multilateralne, gdzie emitowany sygnał jest odbierany przez kilka węzłów systemu [Bensky 2008]. Istnieją połączenia hybrydowe, które łączą dowolne z wyżej wymienionych technologii. Na przykład połączenie GPS (ang. *Global Positioning System*) i pasywnego RFID w hybrydowych danych osobowych, terminal używany jest do śledzenia lokalizacji. System RFID posiadający kilka anten lokalizujących obiekt w zależności od częstotliwości odbieranej dla każdej anteny to system lokalizacji wewnątrz. W przypadku zewnętrznego systemu lokalizacji najczęściej używany jest GPS.

Przykładem zaawansowanej technologii służącej do ***wykrywania*** stanu towarów w ramach systemu logistycznego jest *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów* – CPS (ang. *Digital Signal Processing*, DSP) – technika zajmująca się sygnałami cyfrowymi i metodami ich przetwarzania [Szabatin 2000]. Pierwszym etapem w CPS jest konwersja sygnału z postaci analogowej na cyfrową za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego. W przypadku odwrotnym – konwersja cyfrowo-analogowa – stosuje się przetwornik cyfro-

wo-analogowy. Algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnałów mogą być realizowane przez komputerowe urządzenia peryferyjne, które korzystają z odpowiednich procesorów sygnałowych (DSP) i pozwalają dzięki temu na przetwarzanie sygnałów w czasie rzeczywistym (ang. *real time signal processing*) [Zieliński 2007]. Do głównych zastosowań CPS należą przetwarzanie dźwięku, kompresja dźwięku, cyfrowe przetwarzanie obrazów, kodowanie wideo, przetwarzanie mowy, rozpoznawanie mowy i telekomunikacja cyfrowa. Szczególnymi przykładami mogą być: kompresja mowy i transmisja w cyfrowej telefonii komórkowej, filtry DSP w urządzeniach radiokomunikacyjnych pozwalające zwiększyć stosunek sygnału użytecznego do szumu, equalizacja dźwięku w sprzęcie hi-fi, prognozy pogody, prognozy ekonomiczne, przetwarzanie danych sejsmicznych, analiza i kontrola procesów przemysłowych, obrazowanie medyczne takie jak tomografia komputerowa, magnetyczny rezonans jądrowy i efekty cyfrowe używane w gitarach elektrycznych i wzmacniaczach [Lyons 2000].

Wykrywanie stanu towarów jest niezbędne w wielu łańcuchach dostaw, jak na przykład łańcuch chłodniczy czy logistyka świeżej żywności (ang. *fresh logistics*). Ważną dziedziną zastosowań, która znacząco posunęła naprzód badania, technologię i układy DSP była obróbka sygnałów w sprzęcie militarnym, w szczególności technika sonarowa, a potem wraz z rozwojem układów mogących przetwarzać sygnały wyższych częstotliwości – technika radarowa. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów znalazło zastosowanie w nowoczesnym elektronicznym sprzęcie pomiarowym ze zobrazowaniem wyników pomiarów na ekranie. Wielokanałowe cyfrowe przetwarzanie sygnałów stanowi podstawę współczesnych systemów badawczych w radioastronomii [Ziółko, Ziółko 2011].

CPS to zautomatyzowane systemy, które umożliwiają połączenie operacji fizycznych w rzeczywistości ze strukturami komputerowymi i komunikacyjnymi. System składa się z jednostki stanowiącej zwykle jeden lub więcej mikrokontrolerów, które kontrolują czujniki i siłowniki współpracujące ze środowiskiem. Dane pozyskane mogą wymieniać się z innymi CPS za pomocą interfejsu komunikacyjnego. CPS składa się z dwóch głównych komponentów funkcjonalnych takich jak:

- zaawansowana łączność gromadząca dane w czasie rzeczywistym w świecie fizycznym i informacje zwrotne ze świata obliczeniowego (np. system RFID),

- inteligentne zarządzanie danymi, funkcje analityczne i obliczeniowe (oprogramowanie).

Pozyskiwanie dokładnych i wiarygodnych danych jest pierwszym krokiem w rozwoju CPS. Dane te mogą być uzyskane bezpośrednio z czujników, kontrolerów lub systemów produkcyjnych przedsiębiorstwa takich jak ERP, MES, SCM i CMM. Wszystkie pozyskane dane metodą ciągłą i stałą przesyłane są do centralnego serwera. Kolejną główną kwestią do opracowania CPS jest wybranie odpowiednich czujników (typ i specyfikacje), które umożliwią wykrywanie produktu i porównywanie informacji do modelu wirtualnego, aby ustalić czy produkt dostosowuje się do modelu i odpowiedni stan został osiągnięty (Lee, Bagheri i Kao 2014).

Przetwarzanie, czyli gromadzenie i analiza danych to kolejny istotny element nowoczesnej logistyki. Logistyka 4.0 oznacza ogromny wzrost różnorodności, objętości i prędkości tworzenia danych, obecnie pozyskiwane są duże dane (ang. *Big Data*) w czasie rzeczywistym, których ilość stale się zwiększa wraz z rozwojem technologii (Schmidt, Möhring Härting Reichstein, Neumaier i Jozinavić, 2015). Ponad 90% badanych firm uważa, że skuteczna analiza i wykorzystywanie danych ma ogromne znaczenie, a zdolność analizowania tych danych będzie miała decydujące znaczenie dla ich modelu biznesowego za pięć lat (Wegener 2015). Przetwarzanie i analizowanie dużej ilości danych ma podstawowe znaczenie w tej rewolucji przemysłowej dla Internetu Rzeczy IoT (ang. *Internet of Things*).

Obok Internetu Rzeczy IoT bardzo istotnym elementem są usługi biznesowe, realizowane są z zastosowaniem Internetu, które wspomagają ***działanie***. Wśród usług biznesowych wymieniamy m.in. Internet usług IoS (ang. *Internet of Services*), omawiane ERP, fakturowanie, Marketing, CMS itd.

IoS jest terminem używanym do określania koncepcji oferowania usług przez internet. Mogą to być usługi oferowane przez różnych dostawców, o różnym charakterze i w oparciu o różne wirtualne technologie, z możliwością łączenia poszczególnych zadań podczas procesu realizacji usług (Obitko i Jirkovsky, 2015). Idea IoS została wdrożona w projekcie Smart Face pod nazwą programu „Autonomics for industrie 4.0" zainicjowanym przez niemieckie ministerstwo federalne spraw gospodarczych i energii. Projekt ten opierał się na architekturze zorientowanej na usługi, umożliwiającej stosowanie modułowych stacji montażowych, które mogą być elastycznie modyfikowane i w razie potrzeby rozszerzane. Zarówno sta-

nowiska montażowe jak i pojazdy automatyczne oferują swoje usługi za pomocą IoS, posiadając specyficzne dla klienta konfiguracje, co pozwala zdecydować, które etapy pracy są konieczne (Herman, Pentek i Otto, 2015).

W oparciu o zasady działania przedstawionych technologii wykorzystywanych w nowoczesnej logistyce można wyróżnić podstawowe determinanty projektowania lub wdrażania wszystkich komponentów technicznych, którymi powinny być:

- *Interoperacyjność* (normalizacja i opisy semantyczne połączone w CPS przez IoT i IoS);
- *Wirtualizacja* (świat fizyczny połączony z wirtualnym w modelach symulacyjnych, gdzie kopia świata fizycznego umożliwia fizyczne monitorowanie procesów przez CPS);
- *Możliwość pracy w czasie rzeczywistym* (ciągła analiza danych pozwala zareagować na każde zmiany w środowisku w czasie rzeczywistym);
- *Decentralizacja* (nadawanie autonomii i odpowiedzialności niższym poziomom hierarchii organizacyjnej w przypadku awarii lub złożonych sytuacji);
- *Modułowość* (elastyczność w zmieniającym się środowisku poprzez dostosowywanie, dodawanie i wykorzystywanie nowych modułów);
- *Orientacja na usługi* (budowanie rozwiązań opartych o modelu architektury zorientowanej na usługi SOA (ang. *Service Oriented Architecture*) jako najlepsza praktyka do tworzenia elastycznej i rozszerzalnej architektury przedsiębiorstwa, dającej podstawy do rosnącej wymiany funkcjonalności bez wpływania na istniejących użytkowników aplikacji);
- *Bezpieczeństwo* (usługi hermetycznie strzeżone i po połączeniu ułatwiające korzystanie za pomocą technologii ICT (Obitko i Jirkovsky, 2015).

Determinanty projektowania istotne dla każdego komponentu technicznego zostały przedstawione na rysunku 3.11.

Inteligentne wersje tradycyjnych systemów logistycznych i komponentów oraz zastosowanych rozwiązań zmieniają sposób przemieszczania towarów od dostawców do klientów. W przyszłości pozwoli to na zwiększenie autonomicznego podejmowania decyzji w łańcuchu dostaw w porównaniu z poziomem autonomicznego podejmowania decyzji obserwowanym obecnie w zaawansowanych środowiskach Przemysłu 4.0. [Bukowski, 2019a, s. 69] .

	Identyfikacja	Lokowanie	Wykrywanie	Sieć	Zbieranie danych i analiza	Usługi biznesowe
Interoperacyjność	x	x	x	x	x	x
Wirtualizacja	x	x	x	x	x	x
Możliwość działania w czasie rzeczywistym	x	x	x	x	x	x
Decentralizacja	x	x	x	-	x	x
Modułowość	-	-	-	-	-	x
Orientacja na usługi	-	-	-	-	-	x
Bezpieczeństwo	-	-	-	x	x	x

Rysunek 3.11. Determinanty projektowania komponentów technicznych Logistics 4.0

Źródło: opracowanie na podstawie Obitko, M., & Jirkovsky, V. (2015). Big Data Semantics in Industry 4.0. In Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems. Springer.

W kolejnym rozdziale zostanie szczegółowo omówiona jedna z przedstawionych wcześniej technologii wykorzystywanych obecnie w logistyce – RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*).

4. ZASTOSOWANIE RFID W LOGISTYCE 4.0

Technologie identyfikacji powodują, że produkty można szybciej kompletować lub przyjmować, zyskując też pewność poprawności wysyłki. Skraca się również czas wdrożenia nowych pracowników (lokalizacja towaru), a docelowo istnieje możliwość przeorganizowania magazynu tak, aby towary szybciej zbywalne znajdowały się bliżej miejsca ich wydania. Przy odpowiednim ustawieniu łańcucha dostaw można także ograniczyć przestrzeń magazynową.

Identyfikacja radiowa RFID (ang. *Radio-Frequency Indentification*) to bezdotykowa automatyczna technologia identyfikacji, gdzie sygnały wysyłane są przez fale radiowe. Nie wymaga ręcznego sterowania i może działać w trudnych warunkach. To rewolucyjna technologia używana w szerokim zakresie zastosowań do śledzenia samolotów, obsługi bagażu, opieki zdrowotnej, zarządzania łańcuchem dostaw i sprzedaży detalicznej (Sun, 2012). Ta coraz popularniejsza technologia jest wykorzystywana w zarządzaniu łańcuchem dostaw, idealnie wspierając procesy logistyczne, dzięki zdolności do identyfikowania i śledzenia informacji. Systemy RFID mogą dostarczać informacji w czasie rzeczywistym o produktach, producentach, dystrybutorach i detalistach. Wiele firm wykorzystało już tą technologię dla zwiększenia widoczności zapasów i realizacji wydajniejszych procesów biznesowych, czerpiąc korzyści z potencjału automatyzacji.

Technologia ta służy do identyfikacji i śledzenia towarów w magazynach i na całej trasie wysyłki. Dokładne informacje pozwalają na obniżanie kosztów pracy, poprawę przejrzystości łańcucha dostaw i uproszczoną realizację procesów (Zhu, Mukhopadhyay i Kuriata, 2012).

RFID to typ systemów zdalnej identyfikacji radiowej. Technologia wykorzystuje fale do przesyłania danych oraz do zasilania elektronicznego układu, który stanowi etykietę obiektu, a za identyfikację odpowiada czytnik. Technika umożliwia odczyt lub zapis układu RFID. W zależności od konstrukcji możliwe jest skanowanie etykiet z odległości nawet do kilku metrów od urządzenia. Radio-frequency identification pozwala równocze-

śnie identyfikować wiele etykiet, które są w polu odczytu. Dodatkową zaletę RFID stanowi możliwość stałej weryfikacji liczby towarów w wyznaczonych obszarach. Odpowiednie ustawienie anten pozwala kontrolować stan magazynowy automatycznie.

System RFID w oparciu o Internet Rzeczy ułatwia obecnie przedsiębiorstwom monitorowanie każdego produktu w czasie rzeczywistym i zarządzanie systemem logistycznym, a także uzyskiwanie informacji dotyczących obecnych i przyszłych zdarzeń. Umożliwia to podjęcie odpowiednich środków dla uniknięcia niepożądanych sytuacji oraz poprawia zdolność reagowania na zmiany w otoczeniu.

System RFID zapewnia możliwość pełnego uwidocznienia procesów logistycznych poprzez podanie dokładnych informacji o poziomie zapasów i usunięcie rozbieżności między zapasem zarejestrowanym a zapasem fizycznym. Jest to technologia rozpowszechniona, która z czasem zyskuje na znaczeniu. Obecnie stała się ona ważnym atutem dla systemów magazynowych ze względu na korzyści, takie jak obniżenie kosztów pracy, zmniejszenie niedokładności zapasów i uproszczenie procesów biznesowych (Galindo L.D, 2016).

Zintegrowane inteligentne systemy RFID wspierają działania „Inteligentnej Logistyki", w której procesy są zautomatyzowane, a dane o produktach są gromadzone i analizowane przez bazę danych, która zapewni wsparcie menadżerom w procesach decyzyjnych.

Celem bardziej zautomatyzowanych procesów nie jest zastępowanie ludzi w ich pracach, lecz unikanie niedokładności i szybsze procesy, w których informacje mogą być udostępniane w czasie rzeczywistym. Zawsze jednak będą potrzebni ludzie, którzy będą nadzorować i kontrolować procesy, szczególnie w przypadku awarii.

Wiele firm transportowych i logistycznych wykorzystuje dzisiaj systemy RFID, które służą do wspomagania procesów dystrybucji (wysyłki), odbioru i kontroli dokładności zamówienia, do inwentaryzacji i do szybszego przetwarzania zamówień oraz obniżania kosztów pracy. Systemy RFID pozycjonują produkt w całym łańcuchu dostaw automatycznie wskazując produkt i miejsce, w którym on się znajduje. W obecnych czasach systemy RFID są wykorzystywane do monitorowania przesyłek i produktów, do zarządzania magazynem i dystrybucją oraz zarządzania przedsiębiorstwem przy użyciu internetu dla połączenia systemów w całym łańcuchu dostaw i wymiany danych w czasie rzeczywistym (Motorola, 2014).

4.1. Architektura i funkcje systemu Radio-Frequency Indentification

System RFID składa się z tagu RFID, anteny i podłączonego czytnika RFID oraz systemu komputerowego. Elementy systemu RFID przedstawiono na rysunku 4.1.

Rysunek 4.1. Elementy systemu RFID

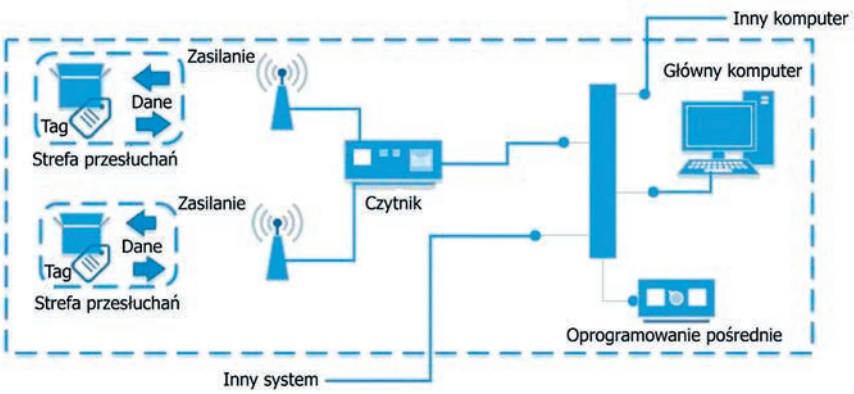
Źródło: Zhu, X., Mukhopadhyay, S., & Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. Journal of Engineering and Technology. Vol 29, s. 152–167

Do każdego obiektu dołączony jest Tag – znacznik, który składa się z cyfrowego układu pamięci służącego do przetwarzenia oraz przechowywania informacji o produkcie. Znaczniki / tagi EPC (ang. *Electronic Product Code*) to nośniki danych w technologii RFID, które wykorzystują technologię identyfikacji za pomocą fal elektromagnetycznych o częstotliwościach radiowych do kodowania danych wg zasad GS1 [www.gs1pl.org].

Kolejnym elementem jest antena, która nadaje informacje falami radiowymi do drugiej anteny. Antena, która wykrywa i odbiera informacje z tagu, jest zaopatrzona w czytnik, który poprzez nadajnik — odbiornik i dekoder emituje sygnał, który aktywuje tag RFID. Czytnik RFID odbiera informacje z anteny, gdy znacznik przechodzi obok strefy aktywności. Czytnik dekoduje dane zakodowane ze znacznika i wysyła je do komputera hosta. Transmisja z wykorzystaniem fal radiowych umożliwia identyfikację obiektu na podstawie unikalnego numeru seryjnego (Sun, 2012).

Przy wdrażania RFID używa się wielu anten i czytników stanowiących złożony system w celu rozszerzenia danych przez wprowadzenie oprogramowania pośredniczącego jako platformy zarządzania danymi RFID. Ponadto, korzystanie z Internetu sprawia, że system dostępny jest w dowolnym miejscu. Uproszczona struktura systemu przedstawiona została na rysunku 4.2. schemat przedstawia układ z kilkoma antenami.

Dane wejściowe systemu RFID są informacjami zebranymi przez znacznik RFID, który pozwala na zbieranie danych online i prowadzenie statystyk postępu przetwarzania online w zakresie takich danych jak czas przetwarzania każdego procesu roboczego i całkowity czas przetwarzania partii produktu oraz wizualizacji postępu produkcji przewidywania pozostałego czasu przetwarzania (Yu, 2015).



Rysunek 4.2. System RFID z kilkoma antenami

Źródło: Zhu, X., Mukhopadhyay, S., & Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. Journal of Engineering and Technology. Vol 29, s. 152–167

Zintegrowany system RFID, połączony z bazą danych, daje możliwość dokonywania ulepszeń w realizacji procesów logistycznych w przedsiębiorstwie. Znaczniki zamieszczone na obiektach fizycznych pozwalają na akwizycję danych, śledzenie i wysyłanie zapytań oraz podejmowanie decyzji dotyczących bazy danych na podstawie ich eksploracji. System, analizując informacje z danych RFID, pozwala przekuwać je w wiedzę w zakresie możliwej optymalizacji procesów na każdym poziomie (rysunek 4.3).

Rysunek 4.3. Poziomy systemu RFID

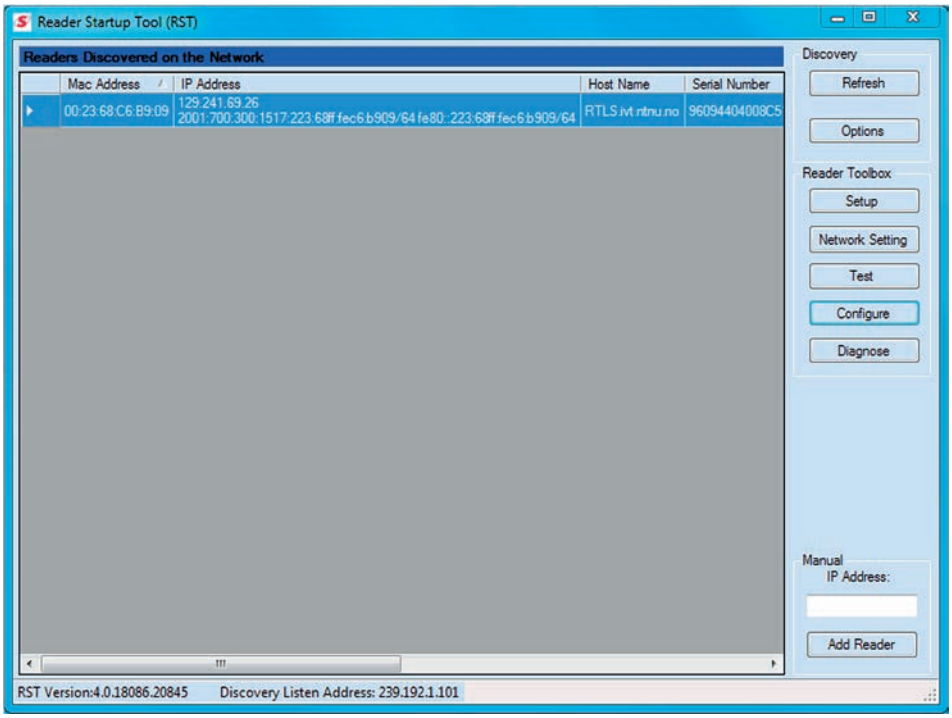
Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Do poziomu zasobów należą produkty (od materiałów po wyroby gotowe), poziom pozyskiwania/akwizycji danych obejmuje cały sprzęt systemu RFID (tagi, anteny, czytniki …), poziom kontroli zawiera oprogramowanie pośrednie, komputery osobiste i urządzenia sieciowe podłączone razem. Poziom bazy danych składa się z bazy danych RFID i innych baz danych jak np. WMS, MES i ERP zawartych w oprogramowaniu aplikacyjnym. Poziom wsparcia decyzyjnego obejmuje cyfrowe inteligentne podejmowanie decyzji oraz różne metody eksploracji danych, jak np. Drzewo Decyzyjne dla zarządzania produkcją, Sztuczną Sieć Neuronową dla magazynu, maszynę wektorową do planowania zasobów, czy inteligentny system do zarządzaniu łańcuchem dostaw. Poziom zarządzania, na którym menadżer podejmuje decyzje na podstawie dostępnych informacji to ostatni końcowy obiekt instalacji systemu RFID (Yu, 2015).

Charakterystyka i funkcje oprogramowania RFID różnią się w zależności od zastosow ania i stosowanych wymagań. W skład oprogramowania wchodzą:

- **oprogramowanie systemu RFID**, które zawiera niezbędne funkcje do podstawowej interakcji między tagiem i czytnikiem. Oprogramowanie zainstalowane w laboratorium posiada dwie aplikacje, które umożliwiają konfigurację i kontrolę czytnika:

- *Reader Startup Tool* (RST) — aplikacja Microsoft Windows, dzięki której można zobaczyć wszystkie czytniki w sieci. Po wybraniu odpowiedniego czytnika można go modyfikować, zmieniając parametry komunikacyjne, sieciowe i operacyjne, a także można czytając tagi, analizować dane tagów, przeprowadzić diagnostykę i przesyłać nowe oprogramowanie. RST przeznaczony jest głównie do początkowej konfiguracji czytnika przed wdrożeniem. Rysunek 4.4 przedstawia interfejs RST, gdzie widać, że podłączony jest tylko czytnik.



Rysunek 4.4. Interfejs RST

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

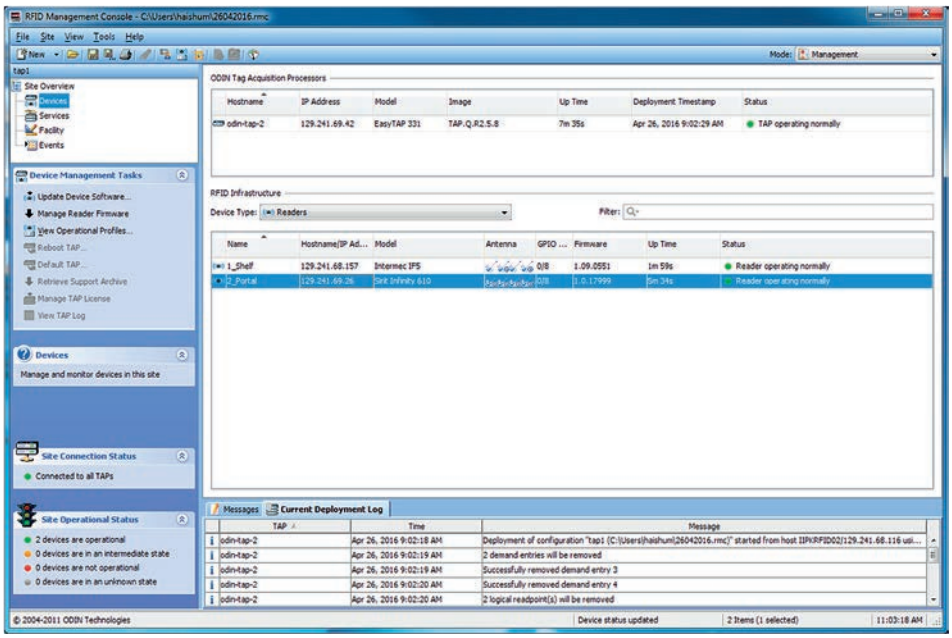
- *Reader Configuration Tool* (RCT) — urządzenie do konfiguracji wbudowanego czytnika, aplikacja, która umożliwia dostęp do czytników przez Internet, pełną modyfikację i obsługę czytnika. Podobnie jak RST pozwala modyfikować komunikację czytnika, parametry sieciowe i operacyjne, a także znaczniki odczytu i przeglądy danych, przepro-

wadza diagnostykę i przesyła nowe oprogramowanie. Przeznaczone jest do konfigurowania i zarządzania zastosowanymi czytnikami. Rysunek 4.5 przedstawia interfejs RST;

Rysunek 4.5. Interfejs RCT

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

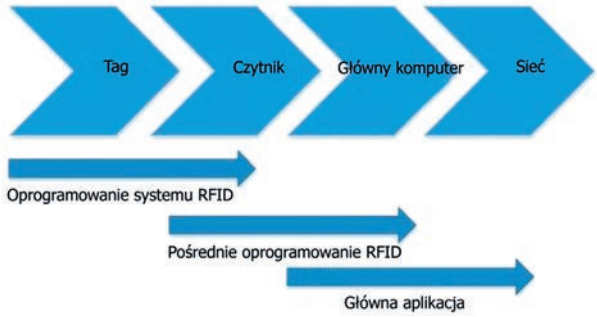
- **oprogramowanie pośrednie RFID** – konsola zarządzania oprogramowaniem, aplikacja, która umożliwia zarządzanie i koordynowanie czytników. Urządzenie połączone z czujnikiem przetwarza dane RFID i kontroluje w czasie rzeczywistym czytniki. Rysunek 4.6 przedstawia interfejs konsoli zarządzania oprogramowaniem pośrednim;
- **główna aplikacja hosta** – jest zwykle istniejącym w przedsiębiorstwie programem obejmującym kontrolę zapasów lub system zarządzania magazynem. Otrzymuje przetworzone i znormalizowane dane uzyskane z tagu poprzez czytnik i oprogramowanie pośrednie RFID. Dane wejściowe aplikacji hosta mogą pochodzić z danych RFID, umożliwiając systemowi podejmowanie decyzji.



Rysunek 4.6. Interfejs konsoli zarządzania oprogramowaniem pośrednim

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Na rysunku 4.7 przedstawiono zestawienie omówionych komponentów. Oprogramowanie RFID umożliwia skonfigurowanie czytnika i pobranie z niego danych znaczników (tagów), a oprogramowanie pośrednie przekazuje i porządkuje dane z różnych czytników w celu wysłania ich do komputera hosta.



Rysunek 4.7. Komponenty oprogramowania RFID

Źródło: Bhuptani, M. & Moradpour, S. (2005). Components of RFID systems. Deploying Radio Frequency Identification Systems.

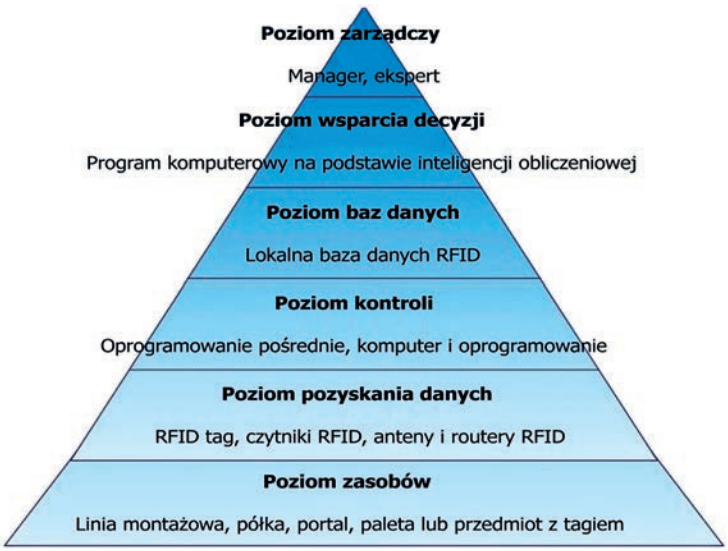
Aplikacja hosta, która jest zwykle istniejącym oprogramowaniem w przedsiębiorstwie takim jak np. ERP, odbiera przetworzone i znormalizowane dane z oprogramowania pośredniego i czytników i po analizie tych danych wspiera proces decyzyjny na poziomie zarządzania.

4.2. Implementacja RFID w Laboratorium Discovery Knowledge

Niniejszy punkt rozdziału stanowi studium przypadku przeprowadzonego w ramach Knowledge Discovery Lab (KDL). Przedstawiono w nim scenariusz i urządzenia laboratoryjne wykorzystane do wykonania symulacji prawdziwej fabryki za pomocą inteligentnego zintegrowanego systemu RFID pozwalającego kontrolować procesy intralogistyczne, w tym śledzenie obiektów i zarządzanie zapasami.

4.2.1. Architektura laboratorium symulacji

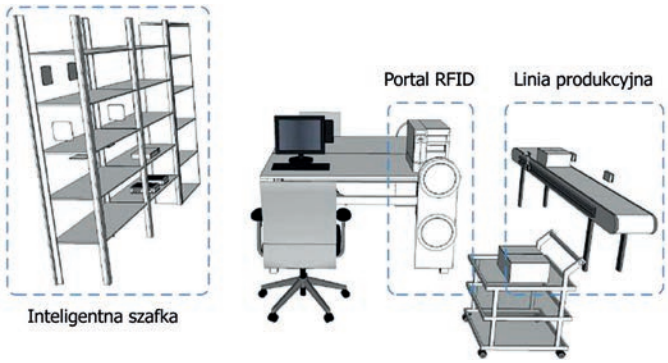
W Knowledge Discovery Lab (KDL) system RFID stanowi fabryczny prototyp. Rysunek 4.8 przedstawia architekturę laboratoryjną RFID w odniesieniu do poziomu RFID omówionych wcześniej i przedstawionych na rysunku 4.3.



Rysunek 4.8. Architektura Laboratorium RFID

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

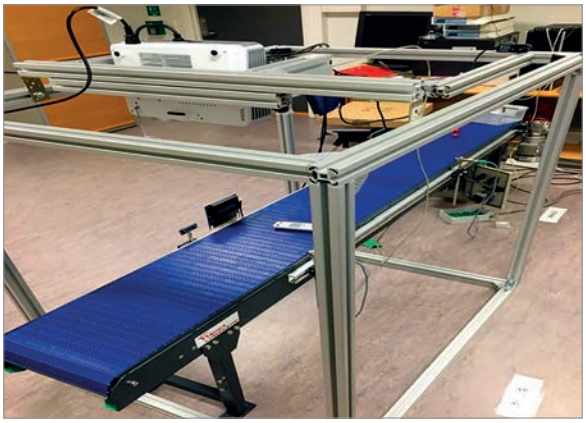
Sprzęt eksperymentalny obejmuje infrastrukturę magazynu i linii produkcyjnej, system akwizycji danych RFID i oprogramowanie do zarządzania produkcją. Na rysunku 4.9 przedstawiono układ laboratorium.



Rysunek 4.9. Układ laboratorium KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

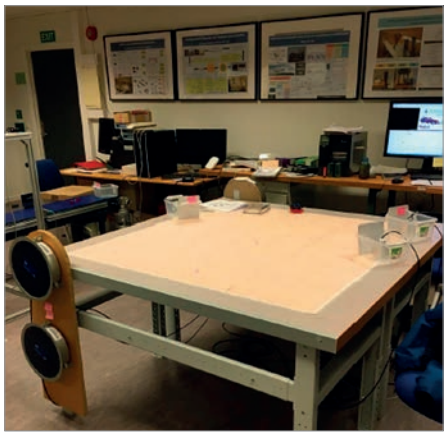
Wszystkie obszary funkcjonalne są wyposażone w kilka anten RFID tworzących jeden odczyt tzn. punkt położenia elementu ze znaczkiem. Przenośnik taśmowy pokazany na rysunku 4.10 przedstawia linię montażową i dwie anteny znajdujące się wzdłuż linii przenośnika reprezentującej dwa stanowiska robocze.



Rysunek 4.10. Zastosowany przenośnik taśmowy

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Obszar portalu RFID przedstawiono na rysunku 4.11. Posiada on wejście i wyjście i jest wyposażony w dwie anteny do kontrolowania „przechodzących" oznakowanych przedmiotów. Na rysunku 4.12 pokazano magazyn składający się z trzech zaprojektowanych półek jako obszar Smart Shelf.



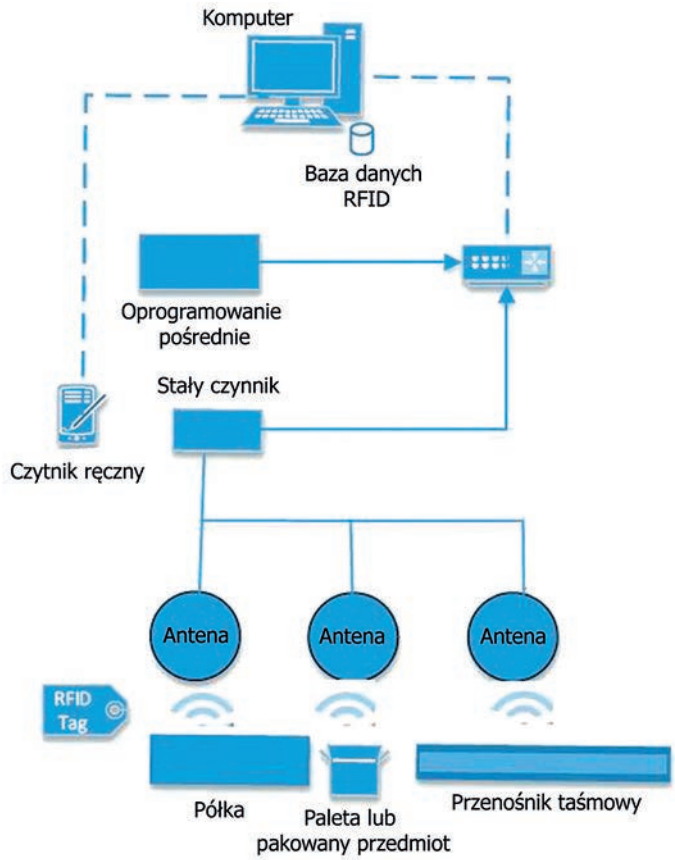
Rysunek 4.11. Biurko z obszarem portalu RFID

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Rysunek 4.12. Półka symulująca magazyn

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

W przedstawiony sposób KDL symuluje gromadzenie danych RFID w magazynie i na linii produkcyjnej. Przeprowadzone studium przypadku skupia się na śledzeniu i zarządzaniem danymi. Sprzęt RFID obejmuje fizyczne elementy pozwalające na gromadzenie danych i kontrolę, a są to anteny RFID, stały czytnik RFID, oprogramowanie pośrednie, komputer, router i ręczny przełącznik (rys. 4.13).

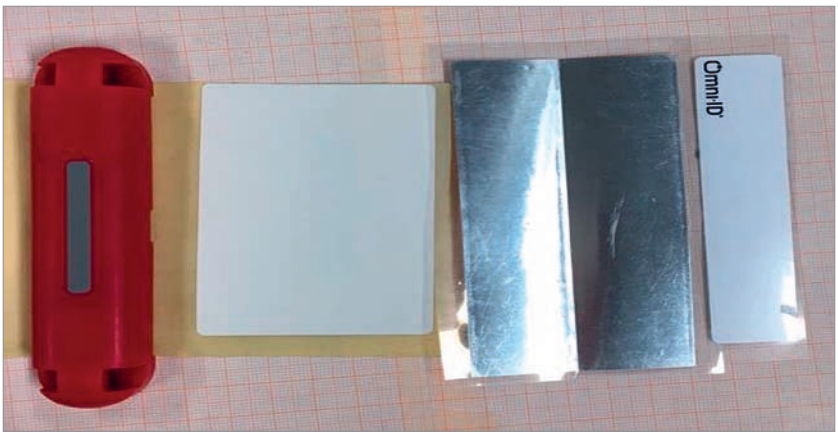


Rysunek 4.13. Elementy systemu w laboratorium KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

W celu spełnienia różnych wymagań istnieją różne rodzaje tagów, dlatego przed jego wyborem należy dokładnie rozważyć zastosowanie tagu. Np. niektóre tagi są po prostu kompatybilne z plastikiem lub metalem, podczas gdy inne są kompatybilne z obydwoma materiałami i posiadają zdol-

ność do odczytu z maksymalnej odległości. Przykłady tagów zastosowanych w KDL przedstawiono na rysunku 4.14.



Rysunek 4.14. Różnego rodzaju tagi zastosowane w KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Potrzeba interoperacyjności, która jest bardzo wyraźna przypadku kompleksowych aplikacji łańcucha dostaw, gdzie towary przemieszczają się przez dziesiątki różnych partnerów handlowych i firm, wiąże się z potencjalnie unikalną implementacją systemu RFID i wymagań aplikacji. Firma zaproponowała system EPC (ang. *Electronic Product Code*), który wykorzystując technologię identyfikacji za pomocą fal elektromagnetycznych poprzez wspólne formatowanie, przetwarzanie i wymianę danych wprowadza elektroniczny kod produktu, pozwala na przypisanie unikalnego identyfikatora do dowolnego obiektu fizycznego, co przedstawiono na rysunku 4.15.

Rysunek 4.15. Format znacznika EPC w KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Nagłówek prezentuje wersję EPC, następny numer menedżera przedsiębiorstwa, kolejna część identyfikuje klasę lub kategorię produktu i numer seryjny, ostatnia identyfikuje unikalne wystąpienie produktu oznaczonego przez tag (Bhuptani i Maradpour, 2005). 96-bitowa specyfikacja EPC daje unikalny identyfikator dla 268 milionów firm. Każda firma może mieć 16 milionów klas obiektów z 68 miliardami numerów seryjnych w każdej klasie.

W laboratorium symulacyjnym KDL występuje pięć różnych rodzajów anten (rys. 4.16), które reprezentują punkt odczytu, np. anteny okrągłe, które znajdują się w obszarze portalu, mogą sygnalizować wejście do magazynu i wyjście z magazynu dowolnego przedmiotu.

Rysunek 4.16. Anteny RFID w KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

W laboratorium zainstalowano czytniki stałe RFID i czytniki ręczne. Stały czytnik RFID zasila antenę, wykrywa tag (znacznik) i zarządza zdalnym działaniem tagu. Posiada połączenia przewodowe, które umożliwiają czytnikowi wysyłanie informacji do komputera hosta. Trzy różne czytniki zainstalowane w laboratorium zaprezentowano na rysunku 4.17.

Rysunek 4.17. Czytniki RFID w KDL

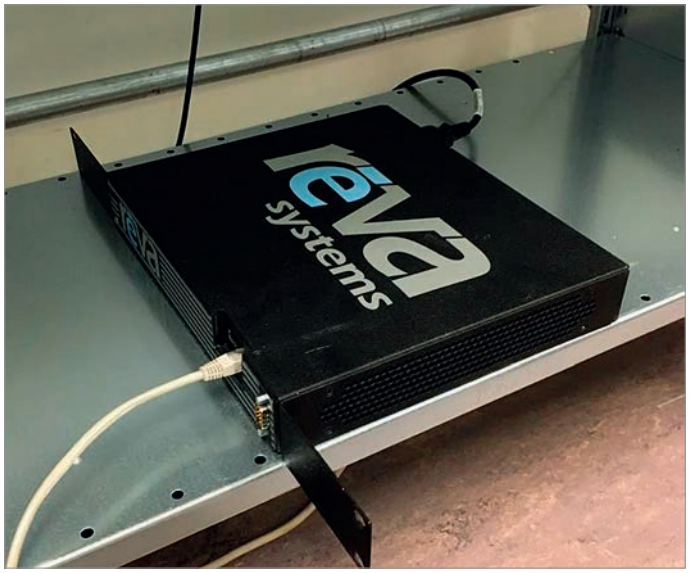
Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

W laboratorium zainstalowano również trzy różne ręczne czytniki RFID (rys. 4.18). Każdy ręczny czytnik posiada inną odległość odczytu. W jednym i tym samym urządzeniu mogą być zintegrowane antena i czytnik i oba urządzenia mogą być zasilane przez tą samą baterią.

Rysunek 4.18. Czytniki ręczne w KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Przedstawione na rysunku 4.19 oprogramowanie pośrednie jest częścią oprogramowania sprzętu RFID. Umożliwia przetwarzanie danych pochodzących z różnych tagów i przekazuje dane do bazy danych RFID oraz kontroluje i zarządza czujnikami w czasie rzeczywistym.

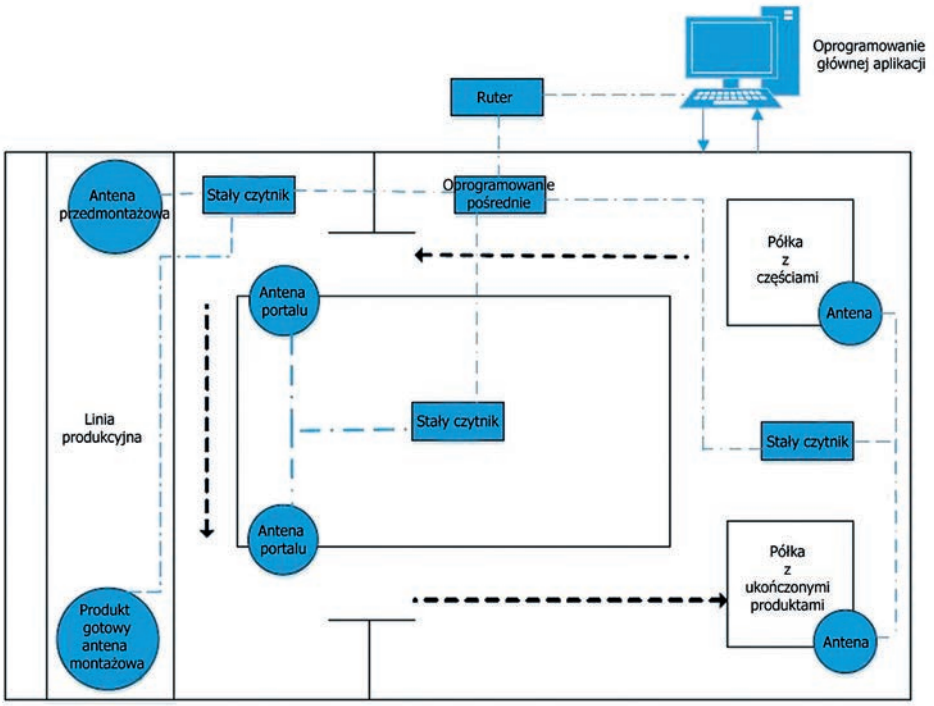


Rysunek 4.19. Oprogramowanie pośrednie w KDL

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

4.2.2. Symulacja procesu produkcyjnego

Symulacje wdrożenia w KDL przeprowadzono dla fabryki produkującej rowery zgodnie z indywidualnymi preferencjami klienta. Klienci mogą zamawiać określone cechy roweru, jak rozmiar, kolor lub elementy wydrukowane na rowerze np. nazwy, naklejki itp. Zamówienia klienta mogą być przetwarzane za pośrednictwem platformy internetowej, gdzie klienci mogą wejść i skonfigurować rower zgodnie z ich preferencjami. Po zakończeniu konfiguracji platforma internetowa powinna wygenerować cenę roweru i umożliwić klientowi dokonanie opłaty. Następnie zamówienia zostaną wysłane do zakładu produkcyjnego, gdzie w tym przypadku będzie on symulowany przez KDL. Na rysunku 4.20 przedstawiono układ laboratorium z elementami systemu RFID dla symulacji działania fabryki rowerów.



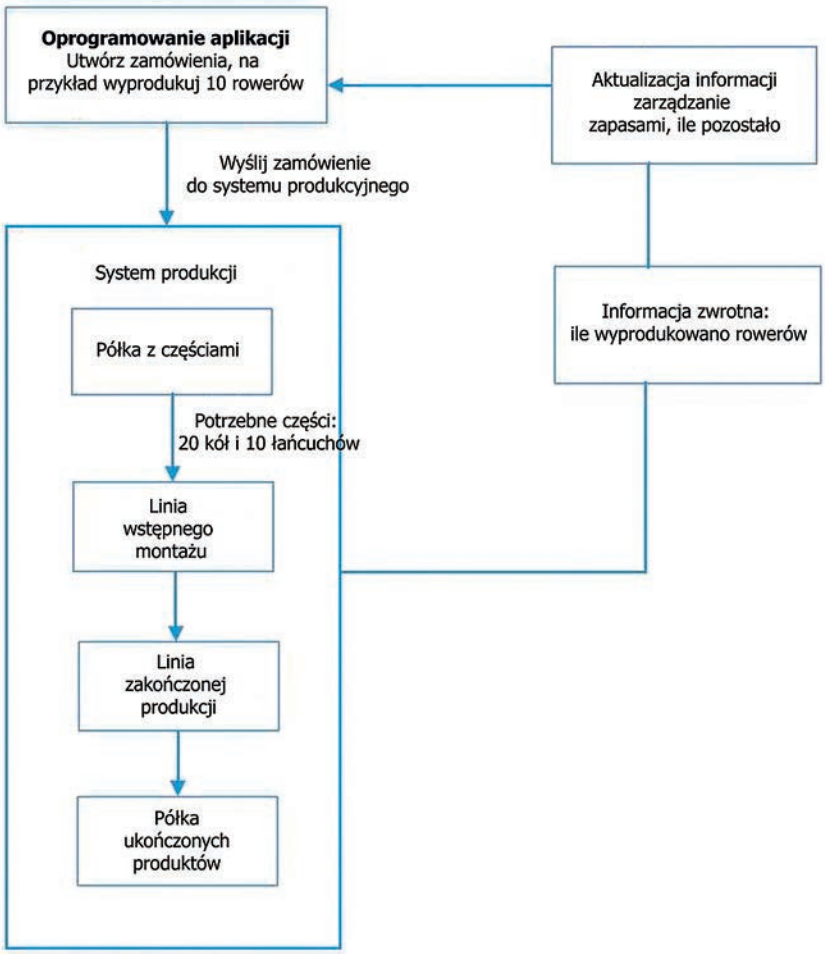
Rysunek 4.20. Układ laboratorium symulującego procesy w fabryce rowerów

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Czarne przerywane strzałki wskazują trasę obiektu w laboratorium zgodnie z procesem produkcyjnym. Niebieskie przerywane linie pokazują, który stały czytnik steruje każdą anteną i wszystkimi połączeniami sprzętowymi. Prawą częścią inteligentnej półki w laboratorium będzie „Półka z częściami", która będzie symulować magazyn z częściami rowerowymi. Przenośnik taśmowy symuluje „Linię produkcyjną", a lewa cześć inteligentnej półki będzie „Półką z wyrobami gotowymi", która będzie symulować magazyn z gotowymi rowerami.

Struktura procesu produkcyjnego w fabryce została przedstawiona na rysunku 4.21. Proces produkcyjny rozpoczyna się, gdy oprogramowanie aplikacji hosta wyśle do systemu produkcyjnego zamówienie klienta, które wcześniej otrzymano z platformy internetowej. Zgodnie z tym zamówieniem operator otrzymuje komunikat na ekranie wózka widłowego z numerem i częściami, które musi odebrać z „Półki na części" gdzie te części

się znajdują. Wszystkie części przechowywane w magazynach mają etykietę z dołączonymi szczegółowymi informacjami i ich cechami. Informacje te są zapisywane w znaczniku, gdy zamówienie klienta jest przetwarzane przez aplikację hosta. Gdy operator zbierze potrzebne części, anteny znajdujące się na każdej półce będą wysyłać informacje o materiałach pozostawionych w magazynie do oprogramowania aplikacji hosta, a nowy stan zapasów zostanie zaktualizowany. W momencie, gdy zapas osiągnie określony poziom zostanie wygenerowany komunikat o potrzebie uzupełnienia.



Rysunek 4.21. Struktura procesu produkcyjnego w fabryce

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

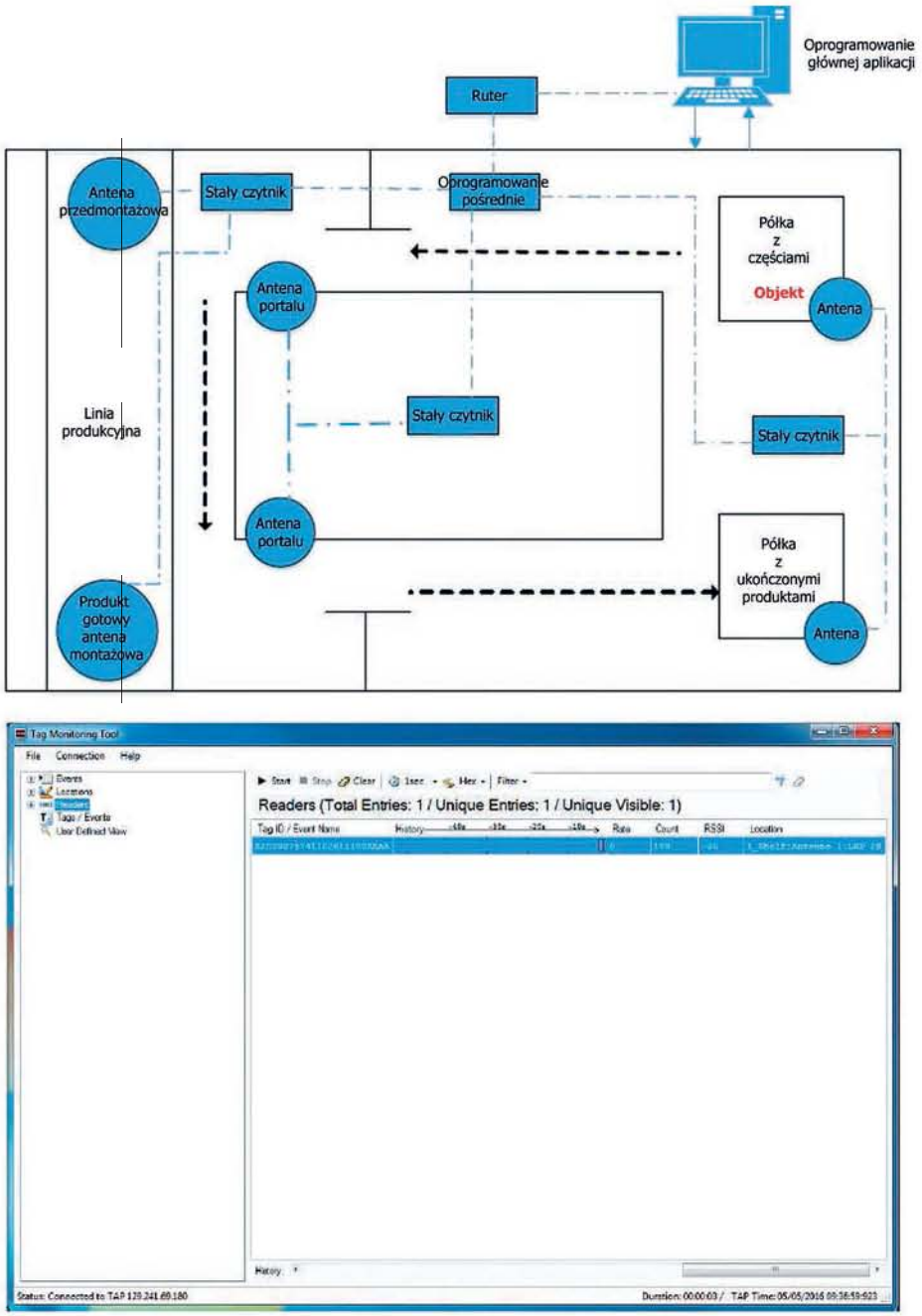
Wózek widłowy może być również monitorowany, gdy będzie posiadł przymocowaną zawieszkę w momencie przejazdu anteny portalowej, która go wykryje. Anteny wykryją potrzebne części, gdy przygotowane zamówienie zostanie dostarczone do „Linii montażu wstępnego" – wtedy operator rozpocznie proces. Każda antena usytuowana wzdłuż „Linii montażu wstępnego" oraz „Linii produktów gotowych" symuluje stacją roboczą i aktualizuje informacje o postępach w produkcji rowerów, wysyłając informacje ze znacznika o lokalizacji do oprogramowania, dzieki czemu proces produkcji staje się widoczny i przejrzysty.

Ponadto, każde stanowisko robocze może odczytywać informacje ze znaczników i realizować określony program produkcyjny w celu wyprodukowania określonego zamówienia. Po przeprowadzeniu wszystkich etapów produkcji dla tego konkretnego zamówienia drukowana jest etykieta z informacją o konkretnym produkcie – rowerze. Po zakończeniu cyklu zamówienia, gdy wszystkie rowery zostaną wykrytee przez ostatnią antenę w „Linii produktów gotowych", operator wygeneruje automatyczny komunikat o odebraniu zamówienia. Gdy wózek widłowy mija antenę portalową, wszystkie znaczniki są wykrywane a informacje z nich wysyłane. Po pozostawieniu rowerów na właściwej półce, antena wykrywa je i przekazuje informacje o zapasach w magazynie wyrobów gotowych, co jest aktualizowane w oprogramowaniu aplikacyjnym. W ten sposób monitorowane są materiały i wyroby gotowe, a informacje o zapasach aktualizowane w czasie rzeczywistym. Inteligentny zintegrowany system RFID umożliwia większą automatyzację i aktualizację informacji w czasie rzeczywistym, ponadto umożliwia wykrycie każdego problemu, zanim wystąpi.

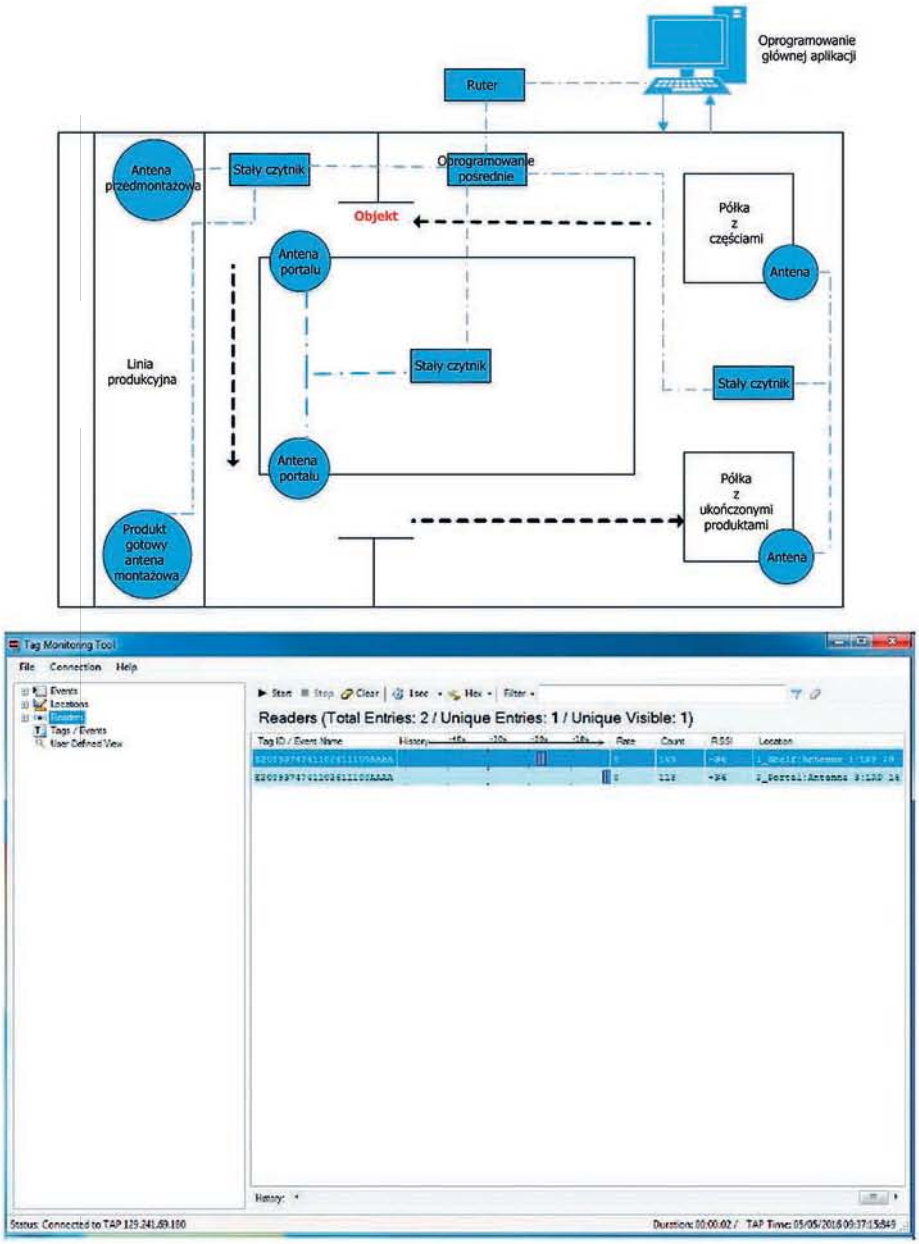
4.2.3. Monitorowanie

Na każdym etapie procesu produkcyjnego, obiekt z dołączoną etykietą symuluje proces monitorowania w fabryce. Na rysunkach 4.22–4.26 przedstawiono lokalizację obiektu w laboratorium, gdzie w interfejsie oprogramowania można prześledzić kolejność etapów przemieszczania się obiektu.

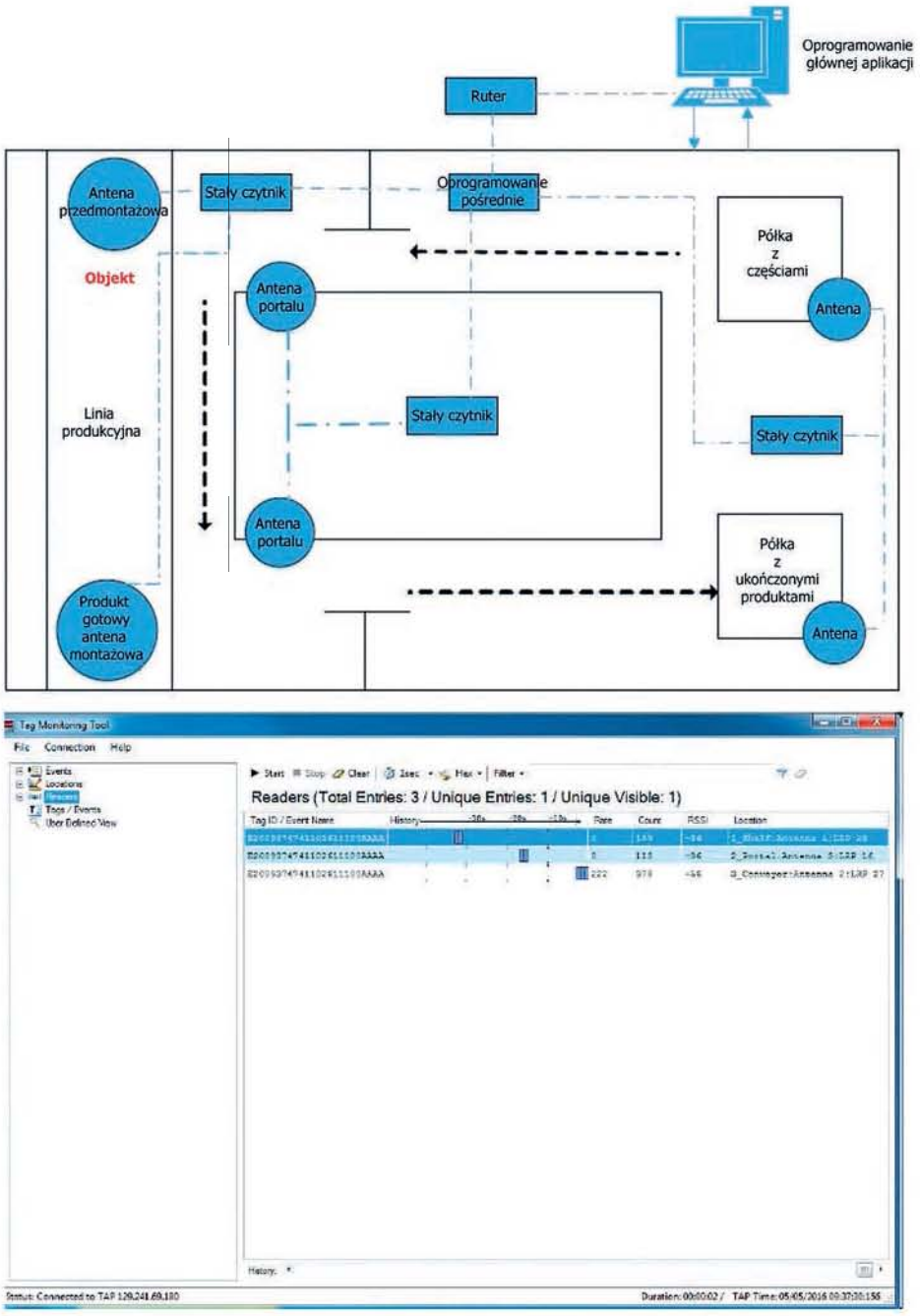
Symulacje przedstawiono na jednym obiekcie w celu czytelnego pokazania procesu monitorowania, ale zwykle odczytywanych jest wiele informacji dotyczących kilku obiektów jednocześnie, co generuje dużą ilość danych przetwarzanych i przechowywanych przez oprogramowanie.



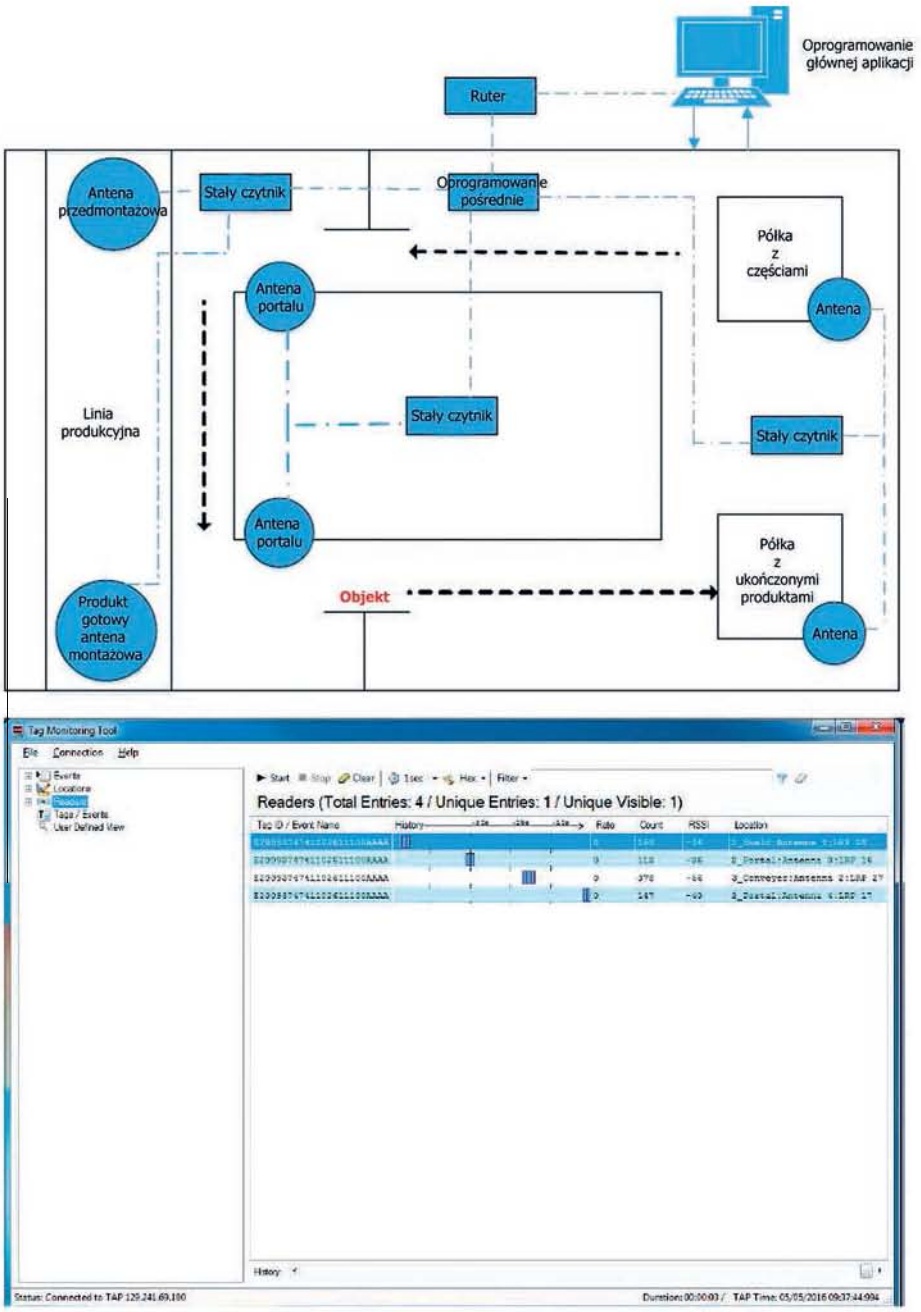
Rysunek 4.22. Obiekt na „półce z częściami" i interfejs oprogramowania
Źródło: na podstawie Galindo L.D (2016), s. 67.



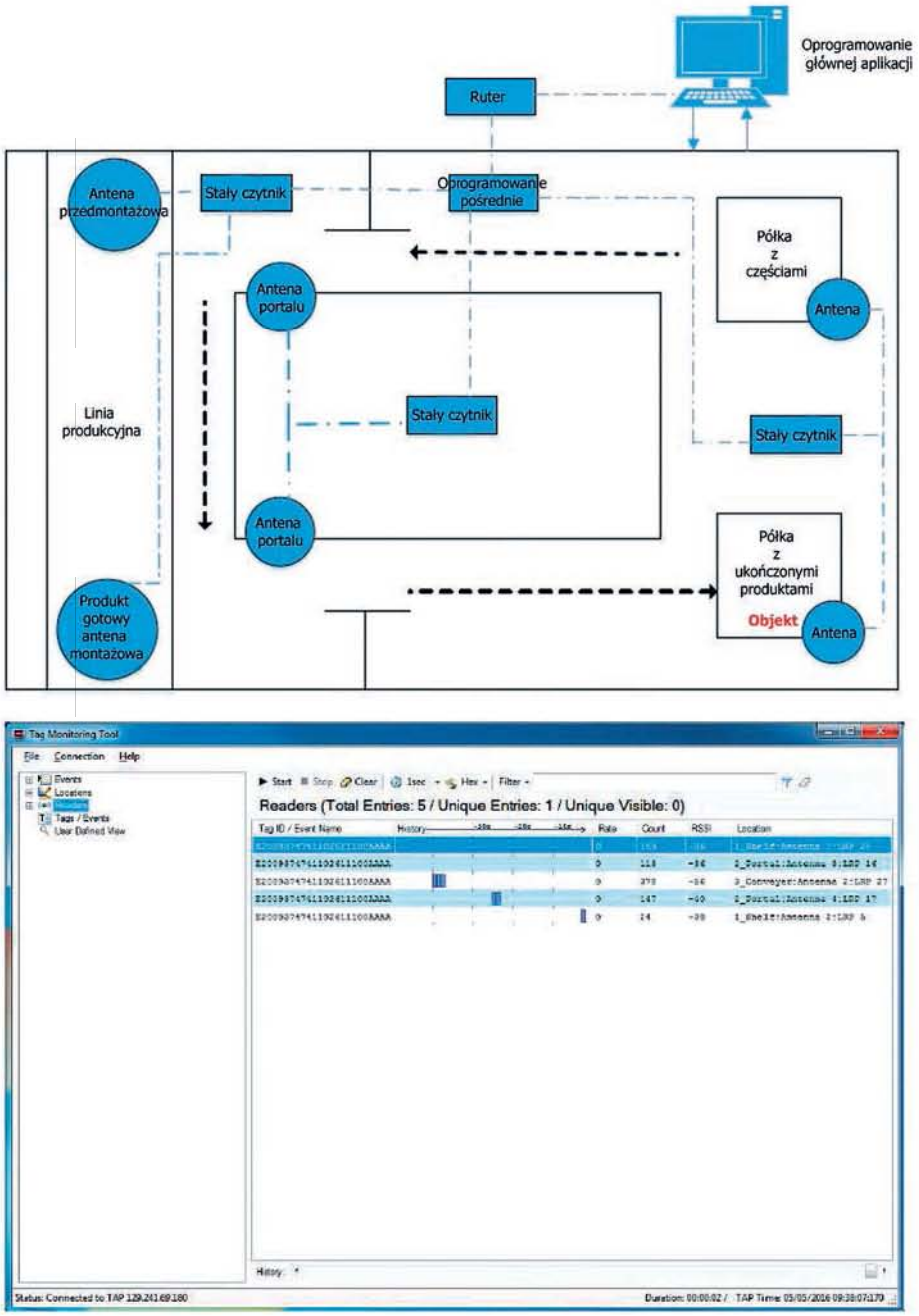
Rysunek 4.23. Obiekt przechodzący przez portal i interfejs oprogramowania
Źródło: na podstawie Galindo L.D (2016), s. 68.



Rysunek 4.24. Obiekt na taśmie przenośnika i interfejs oprogramowania
Źródło: na podstawie Galindo L.D (2016), s. 69.



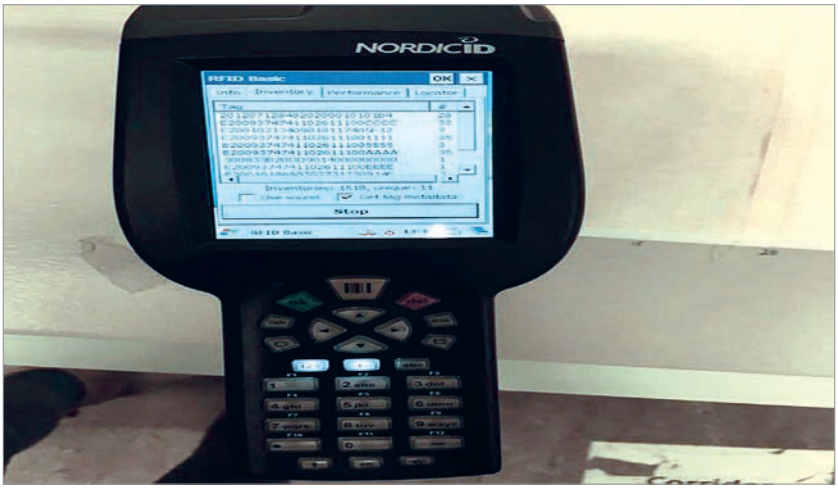
Rysunek 4.25. Obiekt przechodzący przez wyjście z portalu i interfejs oprogramowania
Źródło: na podstawie Galindo L.D (2016), s. 70.



Rysunek 4.26. Obiekt na półce z produktem gotowym i interfejs oprogramowania
Źródło: na podstawie Galindo L.D (2016), s. 71.

4.2.4. Zarządzanie zapasami

Inwentaryzacja zapasów jest prowadzona przez aplikację hosta, która obejmuje również ERP. Informacje są wysyłane przez czytnik, który wykrywa tagi z obiektów znajdujących się na każdej półce i przedstawia stan w czasie rzeczywistym. Innym sposobem inwentaryzacji jest czytnik ręczny. Kierując czytnik ręczny na półkę można wykryć znaczniki wskazujące identyfikacje numeru znacznika oraz liczbę obiektów. Rysunek 4.27 przedstawia ekran ręcznego czytnika z numerem identyfikacyjnym znacznika i ilością przedmiotów umieszczonych na półce.



Rysunek 4.27. Ekran ręcznego czytnika przedstawiających odczyt inwentarza

Źródło: Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System. Trondheim: NTNU.

Dzięki nadrzędnej aplikacji hosta istnieje automatyczny sposób kontrolowania zapasów, gdyż w przypadku czytnika ręcznego potrzebny jest operator rejestrujący zapasy na każdej półce w magazynie. Przy czytniku stałym informacja o stanie zapasów jest wysyłana bezpośrednio do komputera a operator może obserwować sytuację. Czytnik ręczny można wykorzystać do kontrolowania stanów w porównaniu z systemem ERP w przypadku wykrycia jakikolwiek anomalii.

4.3. Wdrożenie RFID w Minera Norge – norweskie zastosowanie Logistics 4.0

Kolejnym przykładem wdrożenia inteligentnego zintegrowanego systemu RFID w ramach Logistics 4.0 może być norweska firma Minera Norge, produkująca płytki łupkowe, bloki i produkty pokrewne do pokryć dachowych, podłóg i innych zastosowań. Firma jest dostawcą łupków, posiada własne kamieniołomy łupkowe i dostęp do zasobów kamieniołomów Oppdal i Otto w Norwegii oraz w Ofdal w Szwecji (rys. 4.28), sprzedając łupki w ponad 25 krajach.

Rysunek 4.28. Zakład Minera w Oppdal
Źródło: https://mineraskifer.com/

Minera Norge otwiera nowe możliwości zastosowania RFID, wykorzystując technologię do śledzenia ciężkich, trudnych do przenoszenia ładunków w jednym z najtrudniejszych warunkach pogodowych na świecie. Główny zakład produkcyjny firmy i plac składowy o powierzchni 20 000 metrów kwadratowych (215 280 stóp kwadratowych) znajdują się w Oppdal w Norwegii, alpejskim mieście, dzięki któremu inne mroźne miasta, takie jak Minneapolis i Juneau, wydają się w porównaniu niemal tropikalne [Edwards 2010]. Trudne warunki wymusiły potrzebę zastosowa-

nia rozwiązania, które pozwoli na szybkie i dokładne śledzenie palet z płytkami łupkowymi w zakładzie produkcyjnym, w celu identyfikacji produktów w każdych warunkach pogodowych, przeglądania dokładnych danych o stanie magazynowym w czasie rzeczywistym, przyspieszenie procesów produkcji i wysyłki oraz wyeliminowanie błędów wysyłki spowodowanych błędną identyfikacją produktu.

W 2010 roku firma otrzymała norweski laur „Najlepsze wdrożenie RFID" [Edwards 2010] za zaawansowane technologicznie rozwiązania dla klientów oraz korzystanie z bazy danych systemów APX zarówno w zakresie intralogistyki (oprogramowanie systemu RFID i aplikacji hosta), jak zarządzania łańcuchem dostaw (GPS w celu śledzenia przepływu produktu do odbiorcy) (Galindo L.D., 2016).

Na szczególną uwagę zasługuje wysoki poziom automatyzacji procesów realizowanych w zakładzie. Zakład posiada dwa czterokierunkowe wózki widłowe sterowane przez operatora, który przenosi surowce i obsługuje sterowane ładowarki transportujące surowce znajdujące się na zewnątrz. Na każdym z dwóch wózków widłowych zainstalowano interrogator Intermec IV7 i transponder GPS Haicom HI 204III USB. Wbudowany ekran umożliwia operatorom wózków widłowych identyfikację przewożonych palet, co pozwala im zweryfikować, czy zebrali prawidłowe zamówienie. Jednocześnie połączony strumień danych GPS/RFID umożliwia śledzenie dokładnej lokalizacji palet, gdy wózki widłowe przemieszczają je po placu. W chwili gdy surowiec jest dostępny w zakładzie rozpoczyna się proces zautomatyzowany. Kolejność kroków jest następująca:

1. W bazie danych wybiera się produkt, którego produkcja ma zostać rozpoczęta, następnie zamawia wymagane surowce (rys. 4.29).
2. Wybrane surowce w odpowiedniej kolejności trafiają do czterokierunkowego wózka widłowego sterowanego przez operatora (rys. 4.30). Jeżeli surowiec znajduje się na zewnątrz magazynu, generowany jest komunikat, że zamówienie można wysłać do ładowarek. Sterownik modułu ładującego realizuje zadanie, podczas gdy inne sterowniki otrzymują automatyczne aktualizacje (4.31).
3. Po całkowitym zakończeniu zadania kierowca, poprzez kliknięcie w systemie, potwierdza jego realizację, a operator czterokierunkowego wózka widłowego otrzymuje automatyczny komunikat o wwozie surowca do wnętrza (4.32). Za każdym razem, gdy wózek widło-

wy zwalnia swój ładunek i cofa się, interrogator RFID traci sygnał, a oprogramowanie rejestruje dokładną lokalizację palety na placu. Wyświetlacz GPS daje również operatorom wózków widłowych wskazówki dotyczące odbioru następnej palety.

Rysunek 4.29. Operator wybiera produkt do wyprodukowania

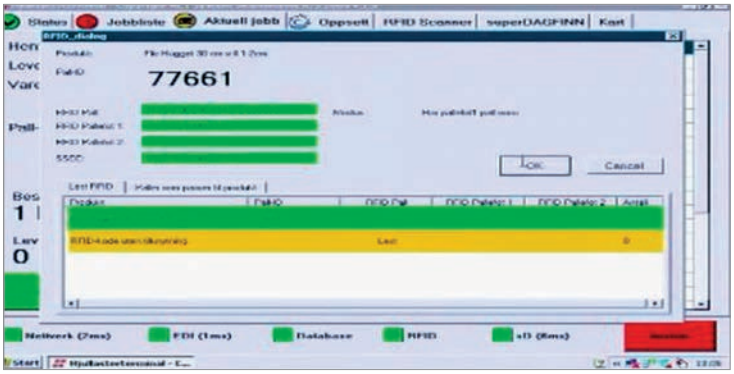
Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

Rysunek 4.30. Wózek widłowy sterowany przez operatora

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

Rysunek 4.31. Urządzenie ładujące sterowane przez operatora i wygenerowane okno programu z informacjami o procesie

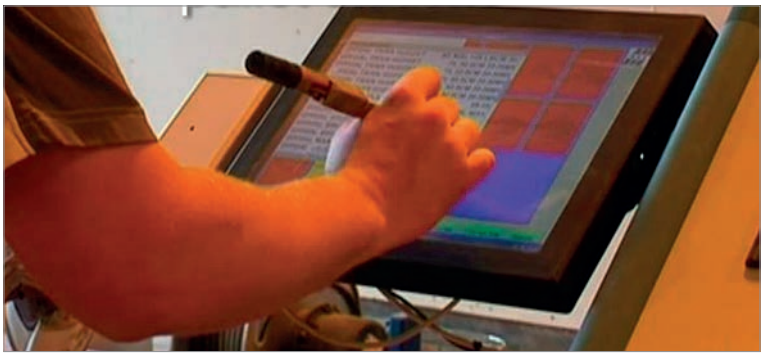
Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.



Rysunek 4.32. Okno potwierdzenia przez kierowcę ładowarki, że towar znajduje się w pomieszczeniu i wózek widłowy może odjechać

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

4. Gdy surowiec zostanie umieszczony na linii produkcyjnej operator wózka widłowego potwierdza dostawę kliknięciem w programie.
5. System RFID jest kontrolowany przez oprogramowanie ACT SuperDAGFINN, które łączy się z aplikacją do planowania zasobów przedsiębiorstwa (ERP) firmy Minera VISMA. Dane z interrogatorów RFID trafiają do systemu ERP, który następnie przedstawia stan wszystkich oczekujących zamówień pracownikom produkcji, którzy mogą przeglądać informacje na ekranie dotykowym (rys. 4.33).



Rysunek 4.33. Operator sprawdzający stan oczekujących zamówień

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

6. Etykieta RFID jest używana na każdej palecie. Czytnik RFID znajduje się w taśmie przenośnika. Za każdym razem, gdy przesyłka opuszcza stocznię Minery, oprogramowanie ERP automatycznie rejestruje wszystkie szczegóły zamówienia, w tym liczbę i rodzaj towarów oraz wagę przesyłki (4.34).

Rysunek 4.34. Etykieta RFID przymocowana do palety

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

7. Następnie paleta jest pakowana (owijana) w folię i transportowana przenośnikiem taśmowym wraz z wysłaniem informacji do oprogramowania SUPER DAGFINN, który rejestruje brak etykiety RFID (za-

słonięta folią) (rys. 4.35). Znacznik jest przyłączony do rogu każdej palety, a każda etykieta jest kodowana unikalnym numerem identyfikacyjnym, co pozwala firmie Minera na identyfikację, śledzenie i zarządzanie pojedynczymi paletami i ich ładunkami.

Rysunek 4.35. Paleta opakowana (owinięta) folią

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

8. Oprogramowanie SUPER DAGFINN wymaga informacji o produkcie z systemu ERP. Drukowana jest nowa etykieta RFID, którą paleta jest oznaczana (rys. 4.36), Jednocześnie system ERP jest z aktualizowany o dane o palecie.

Rysunek 4.36. Nowy Tag z informacjami o produkcie wygenerowanymi przez SUPER DRAGFINN

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

9. Operator otrzymuje automatyczny komunikat, że dane zostały odczytane i wszystkie palety transportowane są na zewnątrz. Wyposażenie ładowarki w czytnik RFID i dwie anteny pozwala odczytywać i wysyłać bieżące informacje (rys. 4.37).

Rysunek 4.37. Ładowarka transportująca ostatnią paletę z produktem

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

10. Przesyłka jest lokalizowana przez system GPS i śledzona w trakcie całej trasy przejazdu (rys. 4.38).

Rysunek 4.38. Okno programu z lokalizacją produktu w czasie rzeczywistym

Źródło: Galindo L.D (2016) The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology; Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.

Zastosowane w Minera oprogramowanie APX obsługuje zatem procesy logistyczne generując automatycznie wiadomości, gromadzi dane i wysyła je do odpowiednich komórek (Minera Norge, 2010). System pozwala Minerze szybko zidentyfikować poszczególne produkty w każdych warunkach pogodowych. Dzięki technologii RFID, można zlokalizować palety, nawet wtedy, gdy nie można zobaczyć identyfikatorów w śniegu.

4.4. Inne przykłady zastosowania nowoczesnych rozwiązań w ramach Logistyki 4.0

■ Przemysłowy Internet Rzeczy

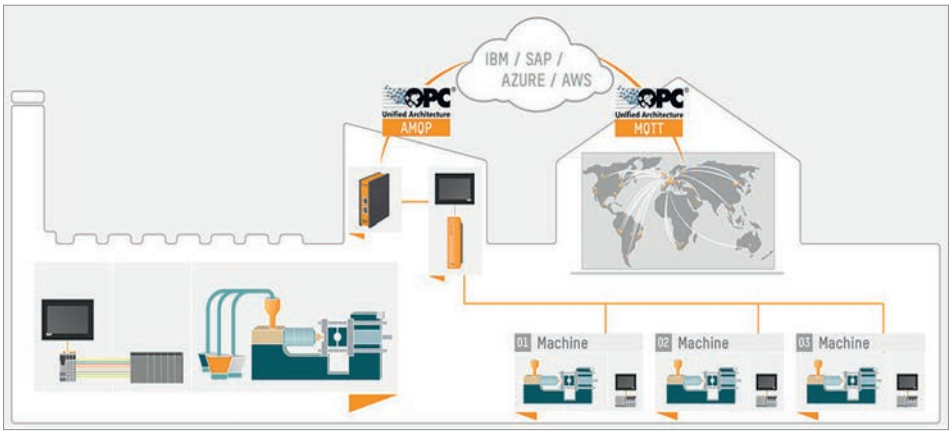
Przemysłowy Internet Rzeczy – IIoT (ang. *Industrial Internet of Things*) wprowadza znaczące zmiany i skłania czołowe przedsiębiorstwa do przemyślenia swoich modeli biznesowych od podstaw. Najlepszy sposób przeprowadzenia transformacji cyfrowej niezbędnej do zachowania konkurencyjności w świecie IIoT oferuje jedna z bardziej innowacyjnych firm Automotive na świecie – ***B&R Industrial Automation GmbH***, lider w branży w dziedzinie automatyki przemysłowej i sterowania procesami. Firma oferuje kompleksowe rozwiązania sprzętowe i programowe w zakresie automatyzacji i cyfryzacji maszyn i urządzeń. Logika automatyzacji w całym systemie produkcyjnym przemysłu 4.0 stworzyła pilną potrzebę budowy sieci komunikacyjnych, które zapewniają przejrzystość i wydajność, przy bezkompromisowej niezawodności. Najnowszy projekt B&R miał na celu optymalizację produkcji komputerów przemysłowych i obejmował:

- wymianę danych w obrębie całego zakładu,
- zdalny dostęp do danych,
- analizę danych z różnorodnych źródeł,
- integrację różnych sieci field bus,
- cyfryzację systemów produkcyjnych [www.br-automation.com].

Obecnie klienci konfigurują komputery PC za pomocą narzędzi online, a po weryfikacji wykonalności zamówienia system ERP generuje rachunek z unikalnym numerem seryjnym. Klient ma ponad 250 mld konfiguracji różnych urządzeń do wyboru. Szef działu globalnego zarządzania przemysłem w B&R Gerald Haas twierdzi, że cel został osiągnięty, bo wielkość partii w ilości 1000 produkowana jest tak, jakby była jednorazowa, czyli z taką

samą dokładnością. Za pomocą systemu ERP planuje się zoptymalizowany harmonogram przetwarzania zamówień, co sprawia że system logistyczny działa sprawnie. Części pochodzące z magazynu dostarczane są w systemie Just In time. Zakład w Eggelsberg (Austria) jest połączony w sieci, zarówno poziomo jak i pionowo [www.br-automation.com].

Jednorodna sieć, która zawiera każdą maszynę i każdy element automatyki budynku w systemie ERP pozwala kontrolować zautomatyzowane pojazdy do przechowywania i wyszukiwania w magazynie. Dla fabryki B&R inteligentna produkcja w sieci jest rzeczywistością już od 2006 roku. Komunikacja w sieciowej fabryce działa we wszystkich kierunkach. Kiedy moduł dociera do w pełni zautomatyzowanej stacji do montażu, testowania i etykietowania, system określa, które testy są wymagane. Jest to możliwe, ponieważ każdy produkt ma unikalny numer seryjny odczytany przez system RFID. B&R gromadzi i analizuje wszystkie dane produkcyjne przy użyciu własnego oprogramowania systemu kontroli procesu (rys. 4.39).



Rysunek 4.39. Inteligentne przetwarzanie w ramach IIot proponowane przez B&R
Źródło: https://www.br-automation.com/

Poprzez systematyczną analizę i transfer dużych ilości danych można znacznie poprawić wydajność produkcji. Zaoferowane rozwiązania w ramach Przemysłowego Internetu Rzeczy IIot dotyczą maszyn, całych linii lub całych przedsiębiorstw.

Dla indywidualnych maszyn, IIoT oznacza sterowanie w pętli zamkniętej w czasie rzeczywistym. Oznacza to wdrożenie najnowszej tech-

nologii oprogramowania zarówno w zakładach budowanych od podstaw, jak i w istniejących lokalizacjach przemysłowych, otwierając zupełnie nowe możliwości w zakresie analizy i sterowania oraz umożliwiając natychmiastową informację zwrotną na temat wydajności zasobów.

Dzięki zaawansowanym technologiom edge computing, firma B&R umożliwia centralne pozyskiwanie danych dla każdego modułu linii produkcyjnej. Funkcje analityki biznesowej oferują długoterminową analizę trendów i generowanie prognoz.

Przetwarzanie w chmurze zapewnia skalowalne usługi oparte na technologii informatycznej. Jako pomost do nowoczesnej produkcji, łączy inteligentne urządzenia i otwiera nowe możliwości wglądu w procesy.

■ Tall-order-not-toll

Kolejnym przykładem wdrażania zaawansowanych rozwiązań w ramach Logistyki 4.0 jest firma ***Toll Global Logistics***, część Japan Post, która ponad 125-letniemu doświadczeniu obsługuje rozległą globalną sieć logistyczną w 1200 lokalizacjach w ponad 50 krajach. Zatrudniając 40 000 pracowników zapewnia różnorodną gamę rozwiązań transportowych i logistycznych obejmujących transport drogowy, lotniczy, morski i kolejowy.

Dla skuteczniejszego monitorowania towarów i przesyłek w swoim zakładzie w Singapurze, mając na celu zmniejszenie liczby osobogodzin, ręcznych procedur i zwiększenie widoczności dla firmy i jej klientów, organizacja wdrożyła system, który oznaczył każdą ze 150 000 palet w lokalizacji pasywnymi tagami RFID UHF. Po nadejściu przesyłek pracownicy skanują kody kreskowe na pudełkach, a następnie za pomocą portalu odczytują znaczniki RFID na paletach, na które te pudełka są ładowane (lub zabierane poza). Dane identyfikacyjne palety są następnie łączone i wysyłane przez Wi-Fi do oprogramowania, które przechowuje dane i udostępnia je zarówno użytkownikom wewnętrznym, jak i klientom. Oszacowano, że system pozwoli zaoszczędzić około 6 min czasu personelu na palecie co daje ponad 600 osobogodzin [www.tollgroup.com].

Niezależnie od rozmiaru lub wymagań klienta organizują przeładunek lub lokalną dostawę towarów za pośrednictwem zintegrowanej sieci [www.tollgroup.com/freight]. Od paczek i cennych dzieł sztuki po produkty petrochemiczne i łatwo psującą się żywność, niewiele jest rzeczy, których nie

mogą przenieść – a dorosła żyrafa nie jest wyjątkiem [www.tollgroup.com/news-and-media/news/tall-order-not-toll]. Na rysunku 4.40. przedstawiono nietypowy ładunek przewożony prze firmę TOLL.

Rysunek 4.40. Tall-order-not-toll
Źródło: www.tollgroup.com/news-and-media/news/tall-order-not-toll

■ Intralogistyka zakładowa

Rozwiązania Logistyki 4.0 są szczególnie widoczne w intralogistyce zakładowej. W przedstawionej wcześniej fabryce Bosch zastosowano system śledzenia surowców i produktów (automatyczna rejestracja transportowanych do obszaru produkcyjnego wózków i pojemników z towarami). W zakładzie wykorzystywane są też duże bramki RFID, które umożliwiają automatyczny zapis danych związanych z transportem pomiędzy magazynem a produkcją.

Kolejnym zmodernizowanym obszarem w zakresie logistyki jest zarządzanie magazynem podzespołów. Podczas procesu produkcji wykorzystywane jest wiele elementów dostarczanych ze specjalnego obszaru części (tak zwany supermarket), który stanowi element szczupłego przepływu materiałów i ogólnie szczupłej produkcji (Lean Manufacturing). Dawniej odpowiedzialni za ilość pobieranych części byli między innymi operatorzy maszyn, na ten moment odpowiada za to system nadzorujący produkcję. Dzięki temu zmniejszona została liczba części oczekujących w buforach produkcyjnych maszyn. Skrócony został też czas rotacji magazynu, co przyczyniło się do redukcji kosztów operacyjnych.

Interesującym rozwiązaniem jest również prezentowane na targach w Hanowerze w 2017roku *Stanowisko pracy 4.0* dopasowujące się do potrzeb pracownika. Może ustawić właściwą wysokość powierzchni roboczej, dostosowując ją do wzrostu pracownika. Pracownik otrzyma także instrukcje pracy, które projektor może wyświetlać z wybraną przez pracownika prędkością (rys. 4.41]. Dzięki integracji za pośrednictwem internetu, dane maszyn generowane na Stanowisku pracy 4.0 można gromadzić w jednym miejscu, analizować i wizualizować. Na ekranie pracownik widzi informacje o stanie środowiska produkcyjnego, np. za pomocą analizy cykli produkcyjnych lub licznika części i błędów. Dzięki temu w każdej chwili mogą sprawdzić, czy wszystko idzie zgodnie z planem.

Rysunek 4.41. Przykładowe stanowisko pracy w firmie Bosch

Źródło: http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej-firmy-bosch/

Stanowisko pracy 4.0 pokazuje, jak ludzie i maszyny będą ze sobą współpracować. Dobrym przykładem jest robot APAS inspector, którego również można oglądać na targach w Hanowerze. Dzięki wykorzystaniu procesu uczenia przy obróbce obrazu, potrafi on rozpoznać automatycznie, że jakość powierzchni gotowej części nie odpowiada specyfikacji. Pracownik najpierw uczy maszynę, jakich odstępstw nie wolno tolerować i kiedy dana część powinna zostać odrzucona. Dzięki sztucznej inteligencji maszy-

na może wykorzystać wyuczony schemat i stosować go podczas kolejnych kontroli jakości, przejmując to zadanie od człowieka. APAS inspector uwalnia pracownika od monotonnych czynności i zapewnia stałą wysoką jakość produkowanych części [https://www.controlengineering.pl/bosch-zmienia-roboty-we-wspolpracownikow/].

Przedsiębiorstwa przemysłowe i ich pracownicy muszą bardzo szybko reagować na nowe wymagania i dzięki elastycznej produkcji dopasować się do aktualnych wymagań rynku. Korzystając z uniwersalnej linii produkcyjnej w fabryce w Hamburgu Bosch może wyprodukować 200 różnych modułów hydraulicznych przy użyciu 2 000 różnych komponentów, które dzięki integracji są automatycznie zamawiane i dostarczane. Moduły służą do sterowania hydrauliką roboczą i jezdną w samochodach ciężarowych lub traktorach, np. do przechylania platform załadunkowych lub podnoszenia pługa. Dziewięć stacji linii produkcyjnej zostało połączonych w inteligentny układ. Chip RFID na materiale umożliwia stacjom zidentyfikowanie sposobu montażu produktu oraz ustalenie koniecznych etapów pracy.

Rysunek 4.42. Przykładowy monitor z planem czynności w firmie Bosch
Źródło: https://www.controlengineering.pl/bosch-zmienia-roboty-we-wspolpracownikow/

Plany czynności przy montażu komponentów hydraulicznych są pobierane automatycznie i wyświetlane na monitorach w formie zdjęć lub filmów – forma jest dostosowywana do stopnia zaawansowania pracownika,

a materiały są udostępniane w jego języku ojczystym. Celem jest zapewnienie pracownikom jak najlepszego wsparcia podczas pracy (rys. 4.42).

Można wspomnieć o jeszcze jednym obszarze – śledzenia produktów już u klientów. Nie jest to element bezpośrednio związany z logistyką, ale jest wykorzystywany do optymalizacji produkcji i podczas tworzenia nowych wyrobów. Dzięki cyfryzacji produkcji, można śledzić wytworzone komponenty samochodów w całym okresie ich życia. Informacje z nich pozyskane tworzą element pętli informacyjnej.

5. ZASTOSOWANIE ROZWIĄZAŃ RFID POZA PRZEMYSŁEM

5.1. RFID w bibliotekach

Mimo że istnieje znaczna liczba zainstalowanych systemów RFID w magazynach i sklepach detalicznych na całym świecie, systemy RFID są wciąż stosunkowo nowe w bibliotekach. W 1999 r. system ten po raz pierwszy został zainstalowany w bibliotece Rockefeller University w Nowym Jorku oraz Farmington Community Library w Michigan. Szacuje się, że już w 2007 r. ok. 8% bibliotek na świecie stosowało technologie RFID [www.ala.org]. Największą liczbę wdrożeń możemy zaobserwować w Stanach Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii oraz Japonii [Singh, Brar, Fong, 2006]. W Polsce system RFID został już wdrożony m.in. w takich bibliotekach, jak: Biblioteka Polskiego Instytutu Spraw Międzynarodowych w Warszawie, Biblioteka Raczyńskich w Poznaniu, Biblioteka Uniwersytetu Rzeszowskiego, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu –Dolnośląskie Centrum Informacji Naukowej i Ekonomicznej, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie – Biblioteka Wydziału Zarządzania i Komunikacji Społecznej oraz w Bibliotece im. prof. J. Altkorna w Wyższej Szkole Biznesu w Dąbrowie Górniczej.

Obecnie na rynku pojawia się coraz więcej producentów oferujących systemy RFID dla bibliotek. Raport American Library Association wskazuje sześciu głównych dostawców technologii RFID na rynku amerykańskim i są to następujące firmy: Bibliotheca, Checkpoint, ID Systems, Libramation, 3M, TAGSYS [http://www.ala.org/]. W Polsce możnawymienić firmy, takie jak HADATAP Sp. z o.o., ARFIDO Sp. z o.o., CONECTIA oraz MOL Sp. z o.o.

Technologia RFID może umożliwić wydajne i ergonomiczne czynności związane z inwentaryzacją, bezpieczeństwem i obiegiem w bibliotekach. Podobnie jak inne technologie umożliwiające samodzielne pobieranie materiałów bibliotecznych, RFID może zwiększyć indywidualną prywatność, umożliwiając użytkownikom sprawdzanie materiałów bez polegania na pracownikach biblioteki [Ranawella, 2006]. Ponieważ tagi RFID

mogą być odczytywane przez nieupoważnione osoby korzystające z czytników tagów, istnieje możliwość, że niewłaściwe wdrożenie technologii RFID naruszy prywatność użytkowników w bibliotece. Naukowcy zidentyfikowali poważne ogólne obawy dotyczące wpływu korzystania z RFID na prywatność oraz szczególne obawy dotyczące prywatności związane z wykorzystaniem RFID w bibliotekach [Ferguson, Thornley, Gibb, 2015, s. 117–130]. Biblioteki wdrażające RFID powinny używać i konfigurować technologię w celu zachowania prywatności użytkowników bibliotek [Syed, 2005, s. 15–21].

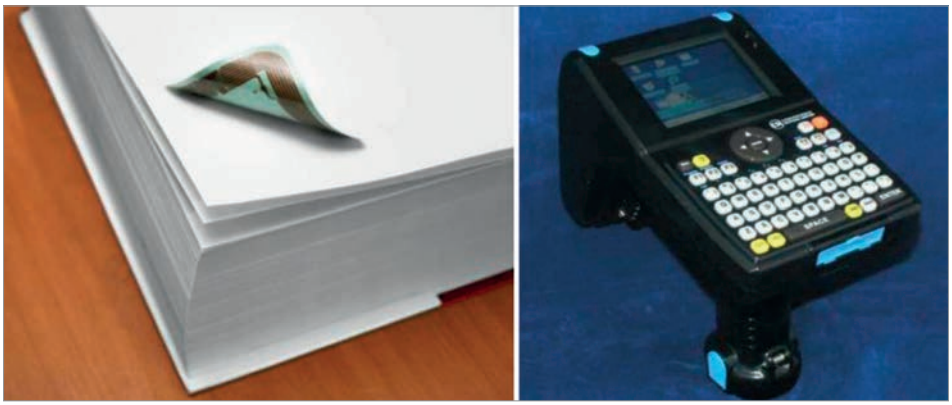
Na rysunku 5.1. przedstawiono architekturę jednego z systemów wdrażanych w bibliotekach. W przypadku decyzji o zastosowaniu w bibliotece systemu RFID działania zależąod tego, czy biblioteka już dysponuje systemem zintegrowanym z automatyzacją wypożyczeń i czy dysponuje systemem zabezpieczającym przed kradzieżami. Samo naklejanie etykiet RFID nie jest trudne i wymaga jedynie 20-minutowego instruktażu. Niektórzy dostawcy sugerują, że najwłaściwsze miejsce do naklejenia etykiety znajduje się wewnątrz okładki książki, blisko grzbietu, co najmniej kilka centymetrów od dolnej krawędzi (aby uniknąć problemów odczytu książek stojących na metalowych półkach).

Czytniki w wypożyczalni podłączone do stacji roboczej służą do rejestracji wypożyczenia w systemie zintegrowanym. Czytniki mogą zapisywać na etykietach informację o wypożyczeniu pozycji (dzięki czemu nie spowoduje ona alarmu w bramce) lub ponownie aktywować ją przy zwrocie. Wykorzystanie sytemu RFID w bibliotece bardzo przyspiesza jej pracę, dzięki połączeniu w jednej operacji aktywacji przeciwkradzieżowej etykiety RFID i zdolności do jednoczesnego rejestrowania wypożyczenia kilku książek naraz, a nie sekwencyjnie, jak należało to robić przy wykorzystaniu czytnika kodów kreskowych. Technologia RFID ułatwia uruchamianie stanowisk do automatycznego wypożyczania. Koszt takiego stanowiska, na którym czytelnik może samodzielnie dokonać wypożyczenia, oceniany według ALA na 20 000$. Podobnie przedstawia się sytuacja ze stanowiskami do dokonywania zwrotów, montowanymi na podobieństwo bankomatów w ścianach zewnętrznych budynku biblioteki. Użycie RFID umożliwia również zastosowanie maszyn do automatycznego sortowania zwróconych książek. Wszystkie te rozwiązania, ze względu na ich cenę, raczej nie będą na razie stosowane w polskich bibliotekach [http://www.ebib.pl/2004/59/robowski.php].

Rysunek 5.1. Architektura systemu LibBest Library RFID Management System
Źródło: https://www.rfid-library.com/

Wprowadzone etykiety RFID dysponują pamięcią z możliwością odczytu i zapisu danych oraz z funkcją zapobiegającą kradzieży przedmiotu. Etykiety zostały naklejone na książki lub płyty CD/DVD. W pamięci etykiety został zapisany unikalny identyfikator przedmiotu. W czasie wypożyczania danej pozycji numer ten jest odczytywany, a zabezpieczenie przed kradzieżą jest automatycznie wyłączane. Każda etykieta może być zakodowana określoną liczbę razy. Standardowo etykiety RFID używane w bibliotekach umożliwiają od 50 do 100 tys. zakodowań. Każde wypożyczenie i zwrot książki to jedno zakodowanie.

Skontrum zbiorów bibliotecznych polega na kontroli zbiorów bibliotecznych i w bibliotekach powinno się je przeprowadzać co najmniej raz na pięć lat. Mobilne stanowisko do skontrum (rys. 5.2) i kontroli księgozbioru współpracuje z systemem zarządzającym zbiorami, wcześniej wdrożonym w bibliotece. Czytniki mają łączność online z systemem bibliotecznym, wykorzystując sieć bezprzewodową, bądź pracują offline, pobierając dane w chwili podłączenia do komputera z użyciem łączy USB lub RS232. Praca z urządzeniem jest łatwa m.in. dzięki dotykowemu ekranowi, klawiaturze QWERTY, pozwalającej na łatwe wprowadzenie numeru katalogowego wybranej pozycji, oraz dźwiękowym i świetlnym powiadomieniom.



Rysunek 5.2. Przykładowa etykieta RFID na woluminie oraz mobilne stanowisko do skontrum i kontroli księgozbioru

Źródło: http://hadatap.pl/pl/nasza-oferta/9-nasza-oferta/15-6biblioteki

Jeśli pracownik chce odszukać jakąś pozycję na regale, wystarczy, że wpisze tytuł książki i w odległości do pół metra przesunie urządzeniem po regałach. Wymagana odległość dla skutecznego odczytania etykiet przez urządzenie to minimum 5 cm dla starych etykiet RFID HF oraz od 20 do 300 cm dla nowych etykiet RFID UHF [Odlanicka-Poczobutt 2014, cz. 1]. Zastosowanie technologii RFID gwarantuje również większą dokładność oraz eliminację błędów. Wdrożenie technologii RFID w bibliotece akademickiej (niepublicznej uczelni wyższej) doprowadziło do pełnej implementacji podstawowych elementów systemu RFID, takich jak: etykiety RFID, stanowiska do kodowania etykiet, stanowiska bibliotekarza, samoobsługowych stanowisk do wypożyczeń i zwrotów, tzw. selfchecka i wrzutni, mobilnego stanowiska do skontrum i kontroli księgozbioru oraz bramki kontrolnej. Kolejnymi etapami były: oznakowanie księgozbioru etykietami RFID, zakodowanie etykiet oraz test urządzeń i oprogramowania, mający na celu dopasowanie systemu RFID do działającego systemu bibliotecznego [Odlanicka-Poczobutt 2014, cz. 2].

Zastosowanie RFID w bibliotece powinno przynieść korzyści, wynikające w głównej mierze z efektywniejszego zarządzania biblioteką i pracą samych bibliotekarzy. Uzyskana efektywność inwentaryzacji, dająca dokładne dane o stanach magazynowych podczas przeprowadzania skontrum, wynika z zastosowania mobilnego urządzenia. Najważniejszą jednak zaletą jest wysoka jakość obsługi czytelnika. Zainstalowane w badanej jednostce

wszystkie elementy bibliotecznego systemu RFID umożliwiają szybszy i bezpieczniejszy obieg książek.

W przypadku bibliotecznych systemów RFID głównym obiektem księgowym jest dokument zbiorów bibliotecznych, który posiada materialny nośnik informacji. Dokumenty te obejmują głównie publikacje drukowane, które obecnie stanowią podstawę księgozbioru większości bibliotek. Publikacje elektroniczne zwiększyły dostępność informacji dla użytkowników, a jednocześnie stanowiły poważne wyzwanie dla tradycyjnych zbiorów dokumentów i tradycyjnych technologii bibliotecznych. Technologia identyfikacji radiowej umożliwia zwiększoną mobilność tradycyjnych dokumentów w elektronicznej przestrzeni informacyjnej.

Pełne wykorzystanie możliwości systemu RFID umożliwia rozwój technologii bibliotecznych poprzez wykorzystanie dotychczasowego doświadczenia i najnowszych osiągnięć w dziedzinie automatycznej identyfikacji i zarządzania obiektami. Rozwój bibliotecznych systemów identyfikacji radiowej w kierunku EPC oraz koncepcji Internetu rzeczy pozwoli na umieszczenie w cyfrowej przestrzeni informacyjnej tradycyjnych dokumentów drukowanych, które stanowią znaczną część zbiorów bibliotecznych, wraz z dokumentami elektronicznymi. . Zwiększy to dostępność drukowanych dokumentów dla użytkowników i będzie promować rozwój technologii bibliotecznych. Umożliwi to bibliotekom pełniejszą integrację z globalną przestrzenią informacyjną na kolejnym etapie rozwoju technologii informacyjnych jako globalnego zintegrowanego systemu biblioteczno-informacyjnego wspierania działalności człowieka i zajęcie godnego miejsca we współczesnym społeczeństwie informacyjnym [Timoshenko, 2018].

5.2. RFID w sądach powszechnych

Niezakłócony dostęp do teczek i akt sądowych to jedno z największych wyzwań stojących przed każdym urzędnikiem sądowym. Odszukanie akt w sądowym archiwum przysparza wielu trudności z powodu ich ogromnej liczby, braku automatyzacji oraz dużej rotacji w budynku sądu. Przy odkładaniu dokumentów na półki nie trzeba wiele, aby przypadkowo włożyć jedne akta w miejsce drugich. Zdarza się, że akta zaginą, a ze względu na rozmiary archiwów odszukanie ich pochłania mnóstwo czasu.

W konsekwencji długotrwałe próby odszukiwania dokumentów w archiwum sądu skutkują opóźnieniami w prowadzeniu spraw.

Rozwiązanie proponują inżynierowie RFID Polska, którzy stworzyli system wyszukiwania akt przy pomocy kolektora danych wyposażonego w skaner RFID. Kolektor danych wysyła fale radiowe i lokalizuje akta oznakowane papierowymi etykietami RFID. Wystarczy, że urzędnik wpisze numery poszukiwanych sygnatur do aplikacji mobilnej zainstalowanej na kolektorze danych. Czytnik RFID automatycznie odnajduje oznakowane akta. Średni czas wyszukiwania w pomieszczeniu wynosi około 10 sekund. Odczyt jest na tyle skuteczny, że sposób rozmieszczenia akt wewnątrz pomieszczenia pozostaje bez znaczenia. Nieważne czy dokumenty są poukładane na półkach, czy rozłożone na stole. Etykiety RFID są programowane przy pomocy specjalistycznej drukarki, która równocześnie nanosi sygnaturę i programuje ją w radiowym chipie znajdującym się wewnątrz etykiety (rys. 5.3).

Dodatkowy, niewielki czytnik RFID umieszczony na biurku i podłączony do komputera umożliwia wygodny podgląd sygnatury każdej teczki lub dokumentu.

Rysunek 5.3. Przykładowa wizualizacja tagu RFID na aktach sądowych
Źródło: https://www.rfidpolska.pl/rfid-w-sadzie-wyszukiwanie-akt/

System do zarządzania dokumentacją sądową zbudowany jest w oparciu o:

- Kolektor danych z funkcją wyszukiwania akt po wpisaniu numeru sygnatury. Oprogramowanie umożliwia jednoczesne wyszukiwanie do 4 różnych sygnatur. Szablon formatu sygnatury można modyfikować w dowolny sposób.
- Czytnik biurkowy umożliwiający weryfikację sygnatury zapisanej w etykiecie na stanowisku kodowania akt.
- Drukarkę etykiet z modułem RFID służącą do programowania oraz zadruku etykiet RFID numerem sygnatury.
- Etykiety samoprzylepne RFID naklejane bezpośrednio na akta. Sygnatura jest nadrukowana na etykiecie oraz zapisana w pamięci RFID jako unikalna wartość [www.rfidpolska.pl].

Zasięg odczytu oznakowanych w ten sposób akt waha się od 1 do 5 metrów. Jest uzależniony od rozmiarów pomieszczenia oraz materiału, z którego wykonane są półki (drewno, metal, szkło).

W polskich sądach zrealizowano projekty finansowane z funduszy europejskich, których celem była poprawa wydajności systemów sądownictwa, w tym rozwój systemów związanych z prowadzeniem spraw sądowych poprzez opracowanie jednolitego systemu zarządzania aktami sądowymi i wprowadzenie jednolitego systemu zarządzania aktami sądowymi w technologii RFID [http://nmf.ms.gov.pl/pl/projekt-nr-2/]. Projekt realizowany w Sądzie Apelacyjnym we Wrocławiu polegał na stworzeniu nowoczesnego systemu zarządzania aktami sądowymi, priorytetowo obejmującego akta rejestrowe gromadzone w sądach powszechnych. Rezultaty analizy funkcjonowania takiego systemu w Sądzie Rejonowym dla m.st. Warszawy wskazywały korzyści z prowadzenia proponowanych działań. Niezakłócony dostęp do akt sądowych ma znaczenie zarówno dla sprawności pracy orzeczniczej, sprawności wykonywania przez sekretariat sądowy zarządzeń czy orzeczeń sądu wydawanych w sprawach, jak również dla zapewnienia nieograniczonego dostępu do akt rejestrowych dla wszystkich zainteresowanych, w tym stron czy uczestników postępowania. Głównymi zadania w projekcie było:

- utworzenie systemu zarządzania zasobami akt sądowych w 38 wydziałach rejestrowych, usytuowanych w różnych sądach rejonowych na terenie całego kraju;

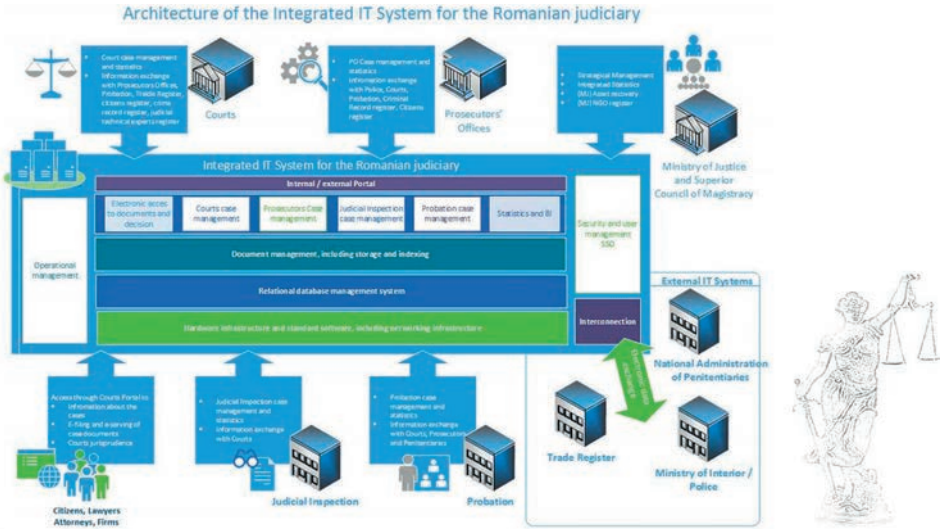
- wyposażenie sądów w dedykowany system informatyczny oraz odpowiednią infrastrukturę techniczną dostosowaną do potrzeb danego wydziału (urządzenia współpracujące w technologii RFID m.in.: stanowiska kodowania akt, stanowiska wydawania i przyjmowania akt, czytniki mobilne, tagi regałowe, wózki inteligentne, półki inteligentne, tagi do znakowania akt);
- utworzenie „baz danych", w oparciu o które system zarządzania będzie funkcjonował, polegających na oznakowaniu teczek akt odpowiednim tagiem RFID, a następnie zakodowaniu oznakowanej uprzednio teczki na stanowisku kodowania akt.

Grupa docelową były wydziały rejestrowe funkcjonujące w strukturach sądów powszechnych (wydziały Krajowego Rejestru Sądowego i Rejestru Zastawów) oraz pracownicy sądów objętych wsparciem [http://nmf.ms.gov.pl/pl/projekt-nr-2/].

W 2016 roku rozstrzygnięte zostało zamówienie publiczne, którego przedmiotem była dostawa i wdrożenie Systemu Zarządzania Aktami Sądowymi z wykorzystaniem technologii RFID, skutkujące podpisaniem umowy pomiędzy Sądem Apelacyjnym we Wrocławiu a Comarch Polska SA. Głównym celem było wdrożenie Systemu Zarządzania Aktami Sądowymi, umożliwiającego automatyczną identyfikację akt z wykorzystaniem technologii RFID w 38 oddziałach sądowych Krajowego Rejestru Sądowego i Rejestru Zastawów w kraju. Analiza prac związanych ze znakowaniem plików, instalacją urządzenia i uruchomieniem systemu RFID wykazała poważny problem dotyczący braku okablowania strukturalnego i odpowiednich warunków lokalowych w sądach do takiej instalacji [funduszenasprawiedliwosc.ms.gov.pl/nmf/category/news/].

Istotne znaczenie dla wprowadzania zaawansowanych rozwiązań w sądach ma wymiana doświadczeń pomiędzy krajami. Polscy i zagraniczni eksperci spotkali się w Warszawie w 2016 roku na międzynarodowej konferencji „Standardy i dobre praktyki w zakresie e-usług w administracji publicznej". Uczestnicy rozmawiali głównie o rozwiązaniach informatycznych usprawniających wymiar sprawiedliwości w ramach realizacji programu „Budowanie potencjału instytucjonalnego i współpracy w zakresie wymiaru sprawiedliwości / Poprawa efektywności wymiaru sprawiedliwości. W konferencji udział wzięli także m.in. przedstawiciele Prokuratury Krajowej, sędziowie, a także goście z Rumunii i Litwy, którzy przedstawili najciekawsze

rozwiązania informatyczne wdrażane w sądach tych krajów. Przykład rozbudowanego systemu zarzadzania sprawami sądymi w rumuńskim sądownictwie przedstawiono na rysunku 5.4.



Rysunek 5.4. Architektura systemu rumuńskiego sądownictwa z zastosowaniem systemu ECRIS
Źródło: Craciunescu R., (2016) ECRIS – the Romanian Judiciary Case Management System, PresentationNo 5 from conference "Standards and best practice in the field of e-services in public administration", financed by Norway and domestic funds http://nmf.ms.gov.pl/wp-content/uploads/2017/01/4.-ecris-the-romanian-judiciary-case-management-system-m.-toma.pdf

Komputeryzacja, cyfryzacja i e-usługi to wyzwania XXI wieku, z którymi musi się zmierzyć również wymiar sprawiedliwości. Nie chodzi jednak o wykorzystanie najnowszych rozwiązań informatycznych, ale o tworzenie systemów zwiększających skuteczność i jakość działania instytucji prawnych, a jednocześnie prostych i przyjaznych obywatelom.

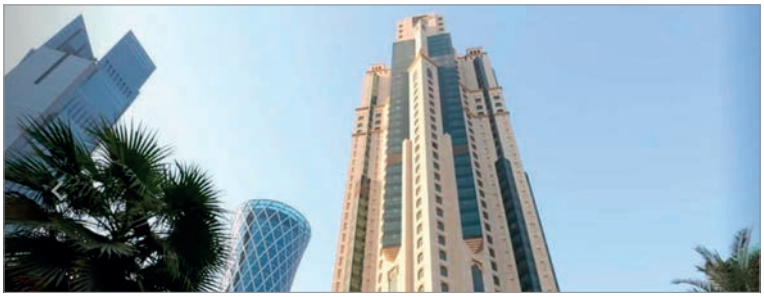
5.3. Wdrożenie RFID w siedzibie prokuratury w Katarze

Prokuratura w Katarze (rys. 5.5) to kolejny przykład wdrożenia systemu RFID. Organizacja została uhonorowana nagrodą za największe wdrożenie śledzenia dokumentów RFID. Firma OGTech we współpracy z niemieckim producentem Feig Electronic dostarczyła prokuraturze opracowany

system RFID UHF, który obejmuje 1006 punktów odczytu dla wydajnego i dokładnego śledzenia dokumentów. OGTech działa jako lokalny dystrybutor oprogramowania na Bliskim Wschodzie iw regionie GCC. Firma oferuje oprogramowanie do konfigurowalnych, kompleksowych rozwiązań RFID i systemów bezpieczeństwa we współpracy z producentami sprzętu, w tym nadzór nad integracją i niezbędną konserwacją oraz profesjonalne usługi.

Po sześciu miesiącach planowania, rozwoju i instalacji system jest prawie w całości wdrożony i używany [https://www.rfid-wiot-search.com/feig-ogtech-and-qcs-provide-largest-rfid-document-tracking-system-in-the-world].

Dzięki innowacyjnemu sprzętowi i wbudowanym funkcjom, takim jak kontrole autoryzacji, szczegółowe informacje o lokalizacji i moduły drukowania etykiet, wydajność kosztowa i czasowa została osiągnięta, a błędy i opóźnienia zminimalizowane.



Rysunek 5.5. Nowy budynek prokuratury w Doha w Katarze
Źródło: OGTech

Po przeprowadzce do nowego budynku prokuratura w Katarze potrzebowała ulepszonego systemu czytników UHF RFID, aby śledzić wszystkie krążące pliki. OGTech jako lokalny dystrybutor zabiegał o współpracę z niemieckim producentem Feig Electronic w celu stworzenia rozwiązania, które nie tylko dokładnie śledzi pliki, ale działa bez zauważalnych opóźnień. Ponieważ wszystkie dokumenty utworzone przed wdrożeniem nowego rozwiązania były wyposażone w stare etykiety, konieczne było, aby nowy sprzęt współpracował z istniejącymi etykietami, jednocześnie umożliwiając generowanie nowych etykiet.

Każdego dnia w nowym budynku Prokuratury generowanych jest około 600-1 000 nowych plików, które należy oznaczyć etykietami RFID i do-

dać do bazy danych. Większość akt na koniec dnia zostaje przekazana do sądu, dlatego kluczowym było wdrożenie systemu, który nie tylko śledzi pliki, ale także odczytuje, czy plik został „upoważniony" do przeniesienia poza budynek.

Firma OGTech dostarczyła Prokuraturze na obszarze 46 pięter – 1006 punktów odczytu, składających się z czytników dalekiego zasięgu, 8-krotnego multipleksera, anten dalekiego zasięgu UHF i czytników UHF ze zintegrowanym multiplekserem, które mogą śledzić dokumenty z niezwykłą dokładnością, aż do konkretnego biurka, na którym znajduje się dokument oznaczony etykietą. W sumie około 50 000-70 000 dokumentów jest fizycznie dostępnych w budynku prokuratury w dowolnym momencie, które mogą być śledzone przez użytkowników.

Wszystkie czytniki w budynku są wyposażone w polaryzację kołową, z zastosowaniem jednej anteny zamiast dwóch. Oprócz tego każdy czytnik jest wyposażony w wewnętrzny bufor, który pozwala na wstrzymanie informacji o pliku w przypadku błędu połączenia sieciowego, a następnie, po przywróceniu połączenia, automatyczne ponowne przekazanie, aby żadne informacje nie zostały utracone.

Etykiety plików, które są generowane przez nowy sprzęt, zawierają nie tylko znaczniki czytnika, ale także kod kreskowy, aby zapewnić wydajność i bezpieczeństwo. Wydajność czytników, w przeciwieństwie do poprzednio używanych, jest znacznie poprawiona dzięki zastosowanej technice filtracji zawartej w czytnikach. System śledzi dokument w określonej lokalizacji i odnotowuje lokalizację w bazie danych, dopóki dokument nie zostanie przeniesiony, a nowa lokalizacja odnotowana, unikając zbędnych skanów.

W celu zapewnienia jak największej dokładności śledzenia dokumentów w budynku, wdrożenie systemu śledzenia obejmującego czytniki dalekiego zasięgu UHF oraz multipleksery 8-kanałowe UHF opiera się na trzech poziomach: poszczególne pomieszczenia, całe piętra wraz z windami i schodami oraz wyjścia. Te trzy obszary implementacji zapewniają gęstą sieć punktów odczytu, które mogą śledzić dokumenty w ich dokładnej lokalizacji, a następnie przekazywać te informacje do bazy danych.

Wszystkie wyjścia, w tym wyjścia awaryjne, zostały wyposażone w czytniki, które umożliwiają śledzenie dokumentów wychodzących i wchodzących do budynku (rys. 5.6). Większość ruchu generuje transfer do i z Sądu. Czytelnicy automatycznie otrzymują informację, czy plik został

upoważniony do opuszczenia budynku, czy nie. Jeśli nieautoryzowany plik opuści budynek, uruchamiany jest alarm.

Rysunek 5.6. Kontrola dostępu za pomocą RFID
Źródło: OGTech

Aby uniknąć opóźnień, użytkownicy nie sprawdzają bazy danych pod kątem autoryzacji, ponieważ Tag na samym dokumencie zawiera te informacje. Korzystając z czytników biurkowych klasy średniej UHF, pracownicy mogą zezwolić na wyniesienie dokumentów na zewnątrz budynku. W ten sposób można również usunąć autoryzację. Wszystkie piętra, windy i klatki schodowe są wyposażone w czytniki. Bez względu na to, czy dokument jest przenoszony w obrębie tego samego piętra, czy w obrębie dwóch lub więcej pięter, informacje zawarte w znaczniku dokumentu dostarczają dokładnych informacji o lokalizacji pliku do bazy danych za pośrednictwem czytników. Ponadto wszystkie pokoje i biurka w pokojach są wyposażone w czytniki, które z dużą precyzją mogą śledzić dokładną lokalizację dokumentów. Instalacja wszystkich czytników została zakończona w kwietniu 2018 roku.

Oprócz śledzenia dokumentów zaplanowano trzy fazy przyszłych wdrożeń: w zakresie przyspieszenia zarządzania; śledzenia pracowników w zakresie informacji o obecności i nieobecności oraz śledzenia odwiedzających. Odwiedzający otrzymywaliby przepustki dla gości wyposażone w chip RFID, dzięki czemu można zebrać informacje o liczbie odwiedzających

i długości pobytu [www.rfid-wiot-search.com/feig-ogtech-and-qcs-provide-largest-rfid-document-tracking-system-in-the-world].

W przeciwieństwie do prokuratury, Sąd Stanowy nadal korzysta ze starszego systemu RFID, który nie jest tak rozbudowany, zbiera mniej informacji i nie może działać tak wydajnie i tak szybko, jak nowe rozwiązanie niedawno wdrożone przez prokuraturę. Dla lepszej współpracy i ułatwienia przesyłania plików system zostanie zasugerowany również sądom, ponieważ obecny system Sądu spowalnia stałą wymianę akt między obiema instytucjami. Aktualizacja systemu sądów byłaby korzystna dla obu stron, ponieważ zapewniłaby szybsze i bezpieczniejsze przekazywanie akt oraz dokładniejsze określenie lokalizacji dokumentów. [www.rfid-wiot-search.com].

5.4. System śledzenia dokumentów RFID w amerykańskich instytucjach rządowych, samorządowych, sądach i kancelariach prawnych (przypadek hrabstwa DeKalb i hrabstwa St. Charles)

Złożoność problemu śledzenia dokumentów pomiędzy instytucjami spowodowała poszukiwanie rozwiązań również w jednostkach samorządowych. Przykładem jest ***Urząd Marszałkowski hrabstwa DeKalb***, gdzie problem licznych dokumentów i plików związanych z czynnościami prawnymi w trakcie postępowania sądowego stał się niezwykle kłopotliwym i frustrującym wyzwaniem. Urząd Marszałkowski w DeKalb obsługuje ponad 75 000 dokumentów rocznie, podczas gdy w międzyczasie Sekretarz Kancelarii Sądu jest odpowiedzialny za prowadzenie równej liczby akt sprawy. Posłom i urzędnikom sądowym brakowało skutecznego i niezawodnego sposobu śledzenia dokumentów. W efekcie powodowie i inne osoby bezpośrednio związane ze sprawą sądową nie zawsze otrzymywali aktualne, dokładne informacje o doręczeniu ważnych dokumentów w postępowaniu cywilnym, a urzędnicy sądowi narażali się na utratę krytycznych akt sprawy [gta.georgia.gov].

Sąd stanowy w hrabstwie DeKalb (rys. 5.7) podjął współpracę z sądem grodzkim hrabstwa DeKalb, urzędnikiem sądowym hrabstwa DeKalb i urzędem marszałkowskim hrabstwa DeKalb w celu zautomatyzowania procesu śledzenia nakazów, innych dokumentów służbowych i akt sprawy za pomocą kodów kreskowych i identyfikacji radiowej RFID. Projekt był pierwszym tego typu w kraju.

Rysunek 5.7. Budynek Sądu w hrabstwie DeKalb
Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/File:DeKalb_County,_Georgia_Court_House

Przebieg działań w systemie wygląda następująco: Urząd Marszałkowski otrzymuje nakazy w formie papierowej od Sekretarza Sądu, który obsługuje zarówno Sąd Krajowy, jak i Sąd Grodzki. Hrabstwo DeKalb używa systemu zarządzania sprawami Banner do drukowania kodu kreskowego dla każdego nakazu. Pracownicy Urzędu Marszałkowskiego sortują nakazy według kodu pocztowego i umieszczają je w pojemnikach. Posłowie biorą z pojemników nakazy, do skanowania dokumentów używając ręcznego urządzenia Motorola MC55A do skanowania kodów kreskowych. Urządzenie przesyła dane do bazy danych zarządzania sprawami. Deputowani następnie zwracają pozostałą część formularzy do Sekretariatu Sądu, skąd zostają rozesłane urzędnikom w sądach.

Do wszystkich akt sprawy w sądach przyklejany jest również Tag RFID. Tagi są automatycznie odczytywane przez anteny RFID, a lokalizacja akt sprawy jest podawana w aplikacji śledzącej dokumenty. Urzędnicy sądowi używają funkcji wyszukiwania na urządzeniu przenośnym, aby zlokalizować konkretne akta sprawy. Urządzenie emituje alarm dźwiękowy po znalezieniu pliku sprawy i może odczytać dane zaprogramowane w kodach kreskowych. Systemy są celowo zaprojektowane tak, aby informacje z systemu

zarządzania sprawami były udostępniane systemowi śledzenia dokumentów. Wykorzystanie technologii RFID umożliwia urzędnikom sądowym ustalenie lokalizacji krytycznych akt spraw w trakcie ich przenoszenia z sal sądowych do gabinetów sędziowskich lub do pracowników i Sekretarza Sądu.

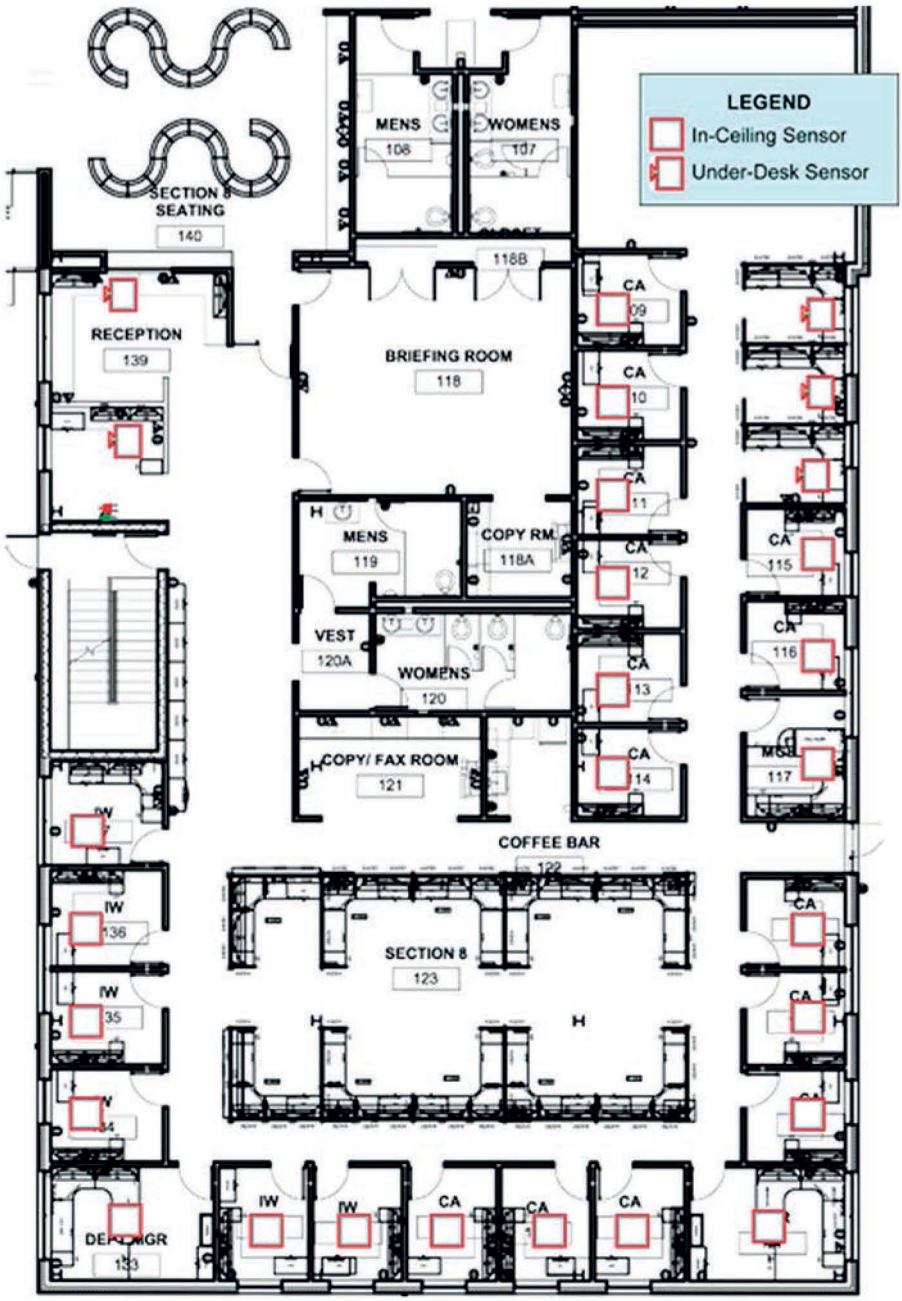
Wykorzystanie kodów kreskowych przez Urząd Marszałkowski i tagów RFID przez sądy zostało zaplanowane i wdrożone jako jeden projekt w celu poprawy efektywności operacyjnej poprzez płynne, uzupełniające się procesy, które pomagają zapewnić terminowe rozstrzyganie spraw sądowych. Nowa technologia i procesy biznesowe umożliwiają również urzędnikom sądowym zapewnienie większej przejrzystości procesów sądowych, ostatecznie łącząc dane zebrane przez kod kreskowy i znaczniki RFID z publiczną witryną internetową, na której można wyszukiwać informacje o bieżącym statusie sprawy sądowej [www.dekalbcountyga.gov/information-technology].

Nie tylko w sądach i innych instytucjach publicznych, ale także w kancelariach prawnych prowadzenie dokumentacji może być kłopotliwe. Czas potrzebny do zlokalizowania brakującego rekordu pochłania cenne zasoby.

Sądy i kancelarie prawne w USA korzystają z technologii RFID, aby śledzić pliki, ale niektóre systemy są bardziej rozbudowane niż inne – jedne mogą śledzić przesyłany plik, podczas gdy inne śledzą, kto go sprawdził i kiedy to się stało. Przykładem może być system firmy FileTrail Inc. z siedzibą w San Jose w Kalifornii.

Urzędnicy sądów ***hrabstwa St. Charles w Missouri*** godzinami próbowali odnaleźć akta w trzynastu salach sądowych na pięciu piętrach, chodząc od biurka do biurka, każdego dnia, czasem kilka razy. Zatrudniano dodatkowych dziesięciu urzędników zajmujących się tylko szukaniem akt [www.secureidnews.com/news-item/rfid-enables-courts-law-firms-to-track-files/].

Jednym z głównych wymagań wobec systemu był brak interwencji człowieka, czyli takie rozwiązanie, w którym dodatkowe czynności nie przerywają realizacji codziennych zadań. Wdrożony system FileTrail śledzi lokalizację każdego pliku bez ingerencji w zadania, które pracownicy muszą wykonywać każdego dnia. Każdy plik jest wyposażony w znacznik EPC Gen Two (ang. *Electronic Product Code*), który jest wprowadzany do systemu wraz z nazwą pliku. Znaczniki można odczytać z odległości 2–5 metrów. Wymagało to rozmieszczenia ponad 100 czujników RFID w całym sądzie. Każdy sekretariat, sale rozpraw i gabinety sędziowskie, a także wyjścia i wejścia są wyposażone w czujniki (rys. 5.8).



Rysunek 5.8. Rozmieszczenie znaczników w budynku sądu w hrabstwie St. Charles
Źródło: www.secureidnews.com/news-item/rfid-enables-courts-law-firms-to-track-files/

Największa oszczędność systemu to czas zaoszczędzony przez pracowników, podczas gdy pliki są automatycznie śledzone, przenosząc się do każdej nowej lokalizacji. Aby znaleźć brakujący plik sprawy, pracownik loguje się do systemu internetowego i wprowadza parametry wyszukiwania. System następnie śledzi plik i wyświetla jego bieżącą lokalizację. Jeśli urzędnik ma problem ze znalezieniem pliku za pomocą rozmieszczonych czujników, istnieje urządzenie podręczne – przenośny FileDetector. Urządzenie jest bardzo przydatne w przypadku poszukiwania akt, które trudno znaleźć, są np. całkowicie schowane pod stosem papierów na podłodze, gdzie nikt by ich nigdy nie szukał.

Niektóre firmy prawnicze rozważają zastosowanie technologii RFID jako zamiennika kodów kreskowych. Kod kreskowy musi zostać skanowany, natomiast dzięki RFID użytkownik nie musi się zatrzymywać i wykonywać dodatkowych czynności, aby odnaleźć plik.

5.5. Stosowanie RFID w służbach policyjnych

System RFID znajduje również zastosowanie w służbach policyjnych, aby pomóc wydziałom policji usprawnić procesy administracyjne, monitorowanie zasobów i zapasów oraz bezpieczeństwo personelu. Organizacje policyjne traktują priorytetowo bezpieczeństwo, dlatego ważne jest, aby cała dokumentacja, zasoby i personel miały możliwie najbezpieczniejsze środowisko. Doświadczenie w dostosowywaniu możliwości RFID do eksploracji i opracowywania rozwiązań upraszczających procesy administracyjne, zwiększających bezpieczeństwo i chroniących zasoby posiada firma GAO RFID [https://gaorfid.com/police-services-rfid-systems/].

Wszystko, od broni, przez pojazdy, kajdanki, radia i różnorodne urządzenia technologiczne zaprojektowane w celu ułatwienia pracy policjantom, to ważne narzędzia do przestrzegania prawa. Ponieważ są to ważne narzędzia, należy nimi odpowiednio zarządzać, aby zapewnić skuteczną konserwację i zapobiec stratom. Każda organizacja policyjna ma mnóstwo dokumentów do śledzenia, a każda kartka papieru jest kluczowym łącznikiem nie tylko w codziennie zgłaszanych przestępstwach, ale także w codziennych rutynowych czynnościach pracowników policji. Każdy formularz i każdy dowód jest niezwykle cenny, dlatego ważne jest, aby system prze-

chowywania zapasów w bezpiecznym miejscu pozwalał również na śledzenie ich miejsca pobytu w razie potrzeby.

Interesującym rozwiązaniem w zakresie śledzenia ruchów pracowników jest zastosowanie czytników RFID w obuwiu (rys. 5.9). Zastosowanie RFiD do określonego obuwia roboczego zapewnia nowy i innowacyjny sposób zarządzania i śledzenia ludzi w środowisku pracy. We współpracy z dostawcą obuwia przemysłowego firma Porta Sabre opracowała proces, który polega na osadzeniu technologii RFiD wewnątrz obuwia podczas produkcji obuwia [http://www.portasaber.pt/footwear.html].

Rysunek 5.9. Obuwie z systemem RFID
Źródło: www.portasaber.pt/footwear.html

Znacznik RFID jest osadzony w obuwiu podczas jego produkcji, więc nie może być usunięty, a jego dostępne z offsetu. Obecnie takie obuwie jest dostępne dla przemysłu, placów budowy, szpitali i policji. Możliwość identyfikacji użytkownika RFiD Professional Footwear pozwoli również na przypisanie sprzętu temu samemu użytkownikowi (rys. 5.10).

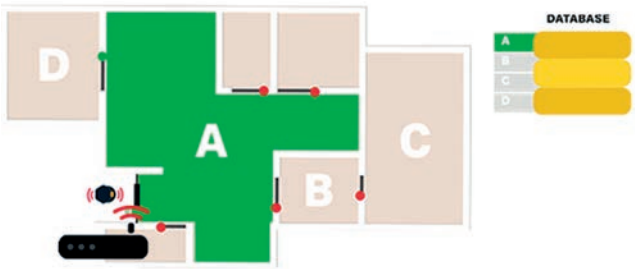
Rysunek 5.10. Możliwość przypisania sprzętu do pracownika w systemie RFID
Źródło: www.portasaber.pt/footwear.html

Identyfikacja pracownika to kolejna korzyść, jaką daje technologia RFiD, ponieważ w trakcie przechodzenia obok bramek RFiD można sprawdzić poprawność połączenia użytkownika obuwia RFiD i danych identyfikacyjnych istniejących w systemie (rys. 5.11).

Rysunek 5.11. Możliwość identyfikacji pracownika w systemie RFID
Źródło: www.portasaber.pt/footwear.html

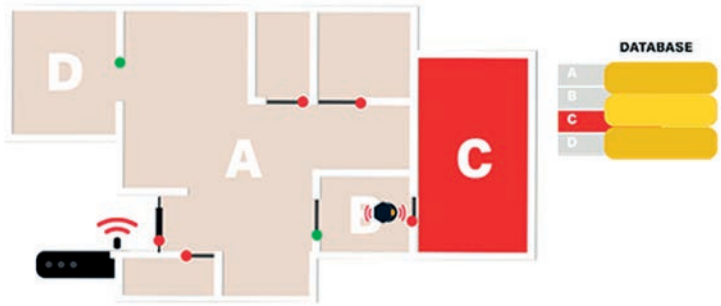
W każdej organizacji tego typu jest wiele osób wchodzących i wychodzących, dlatego ważne jest, aby zapewnić wszystkim bezpieczeństwo i posiadać dokładny system śledzenia. Ważne jest, aby być przygotowanym na sytuacje awaryjne, ponieważ dosłownie wszystko może się zdarzyć w dowolnym momencie. Znaczniki RFID mogą służyć do weryfikowania tożsamości gości i pracowników oraz do wskazywania lokalizacji osób.

Dzięki obuwiu RFiD możliwa jest także lokalizacja pracownika, ponieważ system wskazuje obszar, w którym konkretny użytkownik jest w danym momencie (5.12).



Rysunek 5.12. Możliwość lokalizacji pracownika w systemie RFID
Źródło: www.portasaber.pt/footwear.html

Obuwie RFiD umożliwia tworzenie obszarów o ograniczonym dostępie (rys. 5.13), w których pracownicy mogą przebywać tylko w zależności od wystawionych uprawnień, można zatem tworzyć alarmy w przypadku naruszeń lub prób włamań.



Rysunek 5.13. Możliwość tworzenia obszarów o ograniczonym dostępie w RFID
Źródło: www.portasaber.pt/footwear.html

Ważnym elementem w działaniach służb policyjnych jest bezpieczeństwo, należy zatem chronić osoby postronne, upoważniony personel i aktywa policji. System RFID pozwala na kontrolę dostępu do obiektów i upewnienie się, że po terenie krąży tylko upoważniony personel. Za każdym razem, gdy identyfikator RFID jest używany w celu uzyskania dostępu do zamkniętych drzwi, system zarejestruje to i dostarczy szczegółowy raport do administratorów, co pomoże zapewnić maksymalną widoczność i bezpieczeństwo w całym budynku.

Opracowany system można wdrożyć jako samodzielne rozwiązanie lub zintegrować z innymi rozwiązaniami programowymi, w zależności od potrzeb każdego klienta. Podstawą rozwiązania jest silnik AUTO-ID firmy GAO RFID, obejmujący oprogramowanie pośredniczące i podstawowe funkcje RFID, które służą do gromadzenia danych i przetwarzania informacji RFID. Silnik AUTO-ID integruje się z szeroką gamą systemów zarządzania informacjami dla policji, dzięki czemu można uzyskać dostęp do gromadzonych danych za pośrednictwem systemu lub systemów, które już istnieją w organizacji [https://gaorfid.com/police-services-rfid-systems/].

Ze względu na funkcjonujący już od wielu lat w tego typu organizacjach system kodów kreskowych zaistniała potrzeba wdrożenia rozwiązań, które będą współpracować z dotychczasowym systemem. Rozwiąza-

nie o nazwie WiseTrack może być używane z urządzeniami obsługującymi kody kreskowe do skanowania identyfikatora i kodu na każdym przedmiocie lub bez użycia rąk właśnie dzieki wprowadzeniu kompatybilnej identyfikacji radiowej RFID [www.wisetrack.com/law-enforcement-asset-tracking/]. WiseTrack to kompleksowe rozwiązanie do śledzenia i zarządzania zasobami i wyposażeniem policji. Scentralizowana baza danych ułatwia organizację i śledzenie takich pozycje, jak urządzenia przenośne, sprzęt policyjny, pojazdy i ekwipunek kwatermistrza (rys. 5.14).

Rysunek 5.14. Zastosowanie WiseTrack w radiowozach
Źródło: www.wisetrack.com/law-enforcement-asset-tracking/

Sprzęt do odprawy można skonfigurować z systemem WiseTrack® do wykonywania czynności bez użycia rąk za pomocą RFID. Ponieważ każdy element jest oznaczony i śledzony w bazie danych, łatwo jest dowiedzieć się, gdzie jest teraz lub kto miał go wczoraj lub w zeszłym tygodniu. Każde przejście przez portal RFID jest zapisem transakcji w WiseTrack. Szczegóły dotyczące cyklu życia dowolnego elementu wyposażenia to kilka kliknięć, aby przejść do raportu.

System można skonfigurować tak, aby pokazywał lokalizacje pomieszczeń, wyposażenia, pojazdów, powierzchni magazynowych. Podczas definiowania obowiązującej lokalizacji, w której znajduje się zasób, można uwzględnić teren całego budynku lub miejsca szczegółowe, jak np. półka w pomieszczeniu z wyposażeniem.

Niezależnie od tego, czy funkcjonariuszowi przydzielono sprzęt do stałego użytkowania, długoterminowego lub tylko na jeden dzień, WiseTrack rejestruje każdy przedmiot i rejestruje jego ruch w bazie danych. System zapewnia kompletny system raportowania w zakresie kontroli pochodzenia przedmiotu dla wszystkich aktywów (rys. 5.15).

Rysunek 5.15. Bramka RFID przy wyjściu z budynku
Źródło: www.wisetrack.com/law-enforcement-asset-tracking/

Dzięki RFID WiseTrack może sprawdzić, kto był ostatnio w posiadaniu przedmiotu i kiedy, co pozwala zaoszczędzić czas, na przykład podczas poszukiwania zaginionych kluczyków do samochodu lub biura.

ZAKOŃCZENIE

Rozwój logistyki jest silnie związany z rozwojem przemysłu 4.0., aktualnego trendu automatyzacji i wymiany danych w technologiach produkcyjnych, który obejmuje systemy cyberfizyczne. Współczesna logistyka – Logistyka 4.0 – w ujęciu globalnym stale rozszerza swoje granice, aby móc skutecznie dostosować się do wymogów, trendów i strategii. Nieustannie rosnąca złożoność procesów i działań logistycznych wynikająca z tej ekspansji powoduje konieczność nie tylko stałego ich doskonalenia, ale też poszukiwania nowych innowacyjnych rozwiązań czy koncepcji. Nie ulega wątpliwości, że współczesna logistyka musi generować takie zdolności, które pozwolą skutecznie realizować stawiane przed nią zadania w obecnych i perspektywicznych uwarunkowaniach. Współczesne rozumienie procesów logistycznych to integracja strumieni rzeczowych i informacyjnych, realizowanych w systemach, które charakteryzują się dużą złożonością.

Globalna dostępność surowców i środków produkcji, zwiększona dostępność towarów i usług, rozwój technologii informatycznych i telekomunikacyjnych powodują, że łańcuchy dostaw stają się coraz bardziej elastyczne i inteligentne. Nowoczesny łańcuch dostaw optymalnie wykorzystuje zasoby uczestników, szybko reaguje na zmiany otoczenia oraz maksymalnie wykorzystuje wszelkie dostępne informacje, korzystając z osiągnięć technologicznych, zwłaszcza informatycznych.

Szerokie spektrum obecnych, jak również ciągle rozwijanych nowoczesnych technologii oraz inteligentnych rozwiązań w sferze robotyki i automatyki stworzyło podstawy do tworzenia i rozwijania nowoczesnych systemów logistycznych, określanych początkowo jako e-Logistyka, w szczególnym ujęciu tzw. Internetu Rzeczy IoT (ang. *Internet of Things*) i Internetu Usług (ang. *Internet of Services*). Dzięki takim rozwiązaniom przedsiębiorstwa mogą nadzorować swoje produkty w czasie rzeczywistym i zarządzać nim w architekturze logistycznej, nadzorując informacje w łańcuchu dostaw, analizując dane oraz prognozując trendy lub prawdopodobieństwo zdarzeń. Zdolność wczesnego reagowania na rynek umożliwia tworzenie

kompleksowych procesów w ramach łańcucha dostaw, realizując filozofię Smart Logistics, szczególnie w zakresie identyfikacji, lokalizacji, wykrywania, przetwarzania i działania w systemach logistycznych. IoT i IoS zwiększają skuteczne wykorzystywanie zasobów, co skutkuje wysoką elastycznością łańcucha dostaw oraz większą integracją, kompleksowym działaniem i zdolnością do szybkiej adaptacji. Digitalizacja pozwala na łączenie funkcji łańcucha dostaw zarówno w pionie jak i w poziomie. Internet umożliwia udostępnianie informacji o danych w czasie rzeczywistym i dostępność informacji według potrzeb z dowolnego źródła z każdej części świata.

Kierunkiem, w którym podążają obecnie organizacje pragnące utrzymać konkurencyjność, jest zacieśnianie współpracy w ramach zintegrowanych łańcuchów dostaw, w których zarządzanie przepływem zasobów opiera się na sieci współpracujących aplikacji rozmieszczonych w poszczególnych węzłach, sterowanych zdarzeniami i opartych na procesach biznesowych, rozciągających się wzdłuż całego łańcucha a nie ograniczających się do jednej organizacji. Obecnie z pojęciem łańcucha dostaw nierozerwalnie wiążą się pojęcia efektywności i elastyczności, a nowy sposób zarządzania łańcuchem, rozszerzył to pojęcie do sieci dostaw – współcześnie to koncepcja sieci dostaw określa kierunek rozwoju nowego dynamicznego łańcucha dostaw. Sieci stanowią dziś alternatywę dla klasycznych biznesowych relacji między firmami lub pełnej integracji pionowej. Wkład uczestników sieci ma komplementarny charakter, ale sprawne zarządzanie siecią w środowisku biznesowym wymaga komunikujących się między sobą systemów informatycznych, co uwarunkowane jest wykorzystywaniem globalnych międzybranżowych standardów informacyjnych.

Logistyka 4.0 nie jest tylko medialnym hasłem, ale rzeczywistością, w której po trzech rewolucjach przemysłowych przyszedł czas na czwartą, gdzie, podobnie jak w trzech poprzednich, czynnikiem wyzwalającym przekształcenia są innowacje techniczne. Pierwsze trzy rewolucje przemysłowe pojawiły się w wyniku wprowadzenia: mechanizacji, elektryczności i IT (technologii informacyjnej). W obecnych czasach IoT i IoS uruchomiło rewolucję z wizją wszystkiego, co wiązać się będzie z coraz bardziej wyrafinowanymi technologiami cyfrowymi, opartymi na inteligentnych łańcuchach przepływu informacji, co w konsekwencji ułatwi znacznie życie codzienne, kreując jednocześnie szereg nieznanych usług i produktów finalnych.

W świecie 4.0 na pierwszy plan wysuwają się pojęcia Big Data i Business Intelligence, coraz większe znaczenie mają tzw. chmury obliczeniowe (ang. *cloud computing*), blockchain (rozproszona baza danych), miniaturyzacja niezbędna w zapewnieniu odpowiedniej mocy obliczeniowej oraz stworzeniu nośników mieszczących duże ilości danych.

Wyzwania, z którymi muszą się zmierzyć przedsiębiorstwa z wejściem w etap logistyki 4.0. to przede wszystkim skrócenie czasu realizacji zamówień, cyfryzacja i informatyzacja, wszechkanałowość oraz kontrola i identyfikowalność każdego etapu łańcucha dostaw. Dążenie do szybkiego dostosowania łańcucha dostaw do aktualnych potrzeb w Logistyce 4.0 jest możliwe dzięki ciągłej analizie dostępnych danych i skutecznemu prognozowaniu. Dla Logistyki 4.0 cyfryzacja i informatyzacja łańcucha dostaw wiąże się również z integracją rozwiązań informatycznych z systemami i urządzeniami już stosowanymi. Logistyka 4.0 to także odpowiedź na rosnącą popularność strategii wszechkanałowości (ang. *omnichannel*), która pozwala zwiększyć liczbę klientów i pozytywnie wpływa na ich doświadczenia zakupowe. Efektywny łańcuch dostaw powinien zapewniać kontrolę i identyfikowalność produktów na każdym etapie.

Logistyka 4.0 to dynamiczny proces nieustannej transformacji każdego elementu: ludzi, magazynów, urządzeń oraz stosowanego oprogramowania. Aplikacje mobilne dedykowane branży TSL są niezastąpione w procesie zwiększania efektywności i na drodze do pełnej automatyzacji. Narzędzia projektowane na smartfony i tablety mają w założeniu wzmocnić łańcuch dostaw dzięki łączeniu jego ogniw. Wykorzystanie aplikacji jest możliwe na każdym etapie procesu: od produkcji aż po dostawę. Umożliwiają płynne zarządzanie informacją poprzez bieżący kontakt z kontrahentem, a dzięki sztucznej inteligencji ten proces staje się łatwiejszy. Innowacje w branży TSL prowadzą do automatyzacji procesów, które do tej pory były wykonywane ręcznie. Ta zmiana ma podnieść efektywność logistyków, którzy dzięki nowoczesnym narzędziom mogą monitorować załadunek na bieżąco, sprawdzić jego aktualną lokalizację oraz dokładnie zaplanować poszczególne kroki zlecenia. Wszystkie działania podejmowane w logistyce zmierzają do obniżenia kosztów związanych z transportem i magazynowaniem produktów, które wiążą się przede wszystkim z nieustanną analizą danych, a w szczególności wykorzystaniem analizy predyktywnej do zbadania łańcucha dostaw w celu zminimalizowania zagrożeń, które mogą wystąpić

w trakcie realizacji zamówień. Wiele firm transportowych i logistycznych wykorzystuje systemy RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*), które służą do wspomagania procesów logistycznych w czasie rzeczywistym. Innym obszarem wykorzystania może być pomiar zanieczyszczeń w aglomeracjach miejskich, skracanie łańcucha dostaw, zarządzanie transportem miejskim czy też inteligentnymi jednostkami urbanistycznymi. Nie jest już nowością inteligentne sterowanie światłami w ruchu miejskim czy metrem.

Czwarta rewolucja technologiczna to odzwierciedlenie rzeczywistości poprzez cyfrowe obiekty i ich właściwości. Jest następstwem szeroko pojętej informatyzacji prawie wszystkich dziedzin życia. Firmy, które nie podejmą się wyzwania przejścia w nowy etap działalności, mogą przegrać na rynku rywalizację o coraz bardziej wymagającego klienta. Logistyka 4.0 i cyfrowa transformacja to szansa na rozwój, ale także ogromne wyzwanie, sprostanie któremu wymaga dokładnej analizy każdego aspektu funkcjonowania firmy.

BIBLIOGRAFIA

1. 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering , 8*.
2. Anily S. (1994). *The general multi-retailer EOQ problem with vehicle routing costs*, European Journal of Operational Research 79 (3), 1994, s .451–473.
3. Astor.com.pl.https://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_4-0/ASTOR_przemysl4_whitepaper.pdf.
4. Astor.com.pl.https://www.astor.com.pl/klienci-astor/wdrozenia/9961-podnoszenie-konkurencyjnosci-polmo-s-a-dzieki-automatyzacji-produkcji-i-robotyzacji-procesu-spawania.html.
5. Barcik R., Jakubiec M., 2011. *Systemy logistyczne-podstawy funkcjonowania,* Logistyka Nr 4, 2011, s. 74–79.
6. Bartalanffy L., (1984). *Ogólna teoria systemów. Podstawy, rozwój, zastosowania*, Wyd. PWN, Warszawa 1984, s. 15–18.
7. Beier J., Rutkowski K., 1995. *Logistyka*, Wyd. SGH, Warszawa, s. 15.
8. Bensky A., (2008). *Wireless positioning technologies and applications*, Artech House, Incorporated.
9. Bhuptani, M. & Moradpour, S. (2005). *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems.* Prentice Hall; Wydanie 1.
10. Bieńkowska A., Ropuszyńska-Surma E., (2013), *Wybrane problemy projektowania sieci współpracy*, *Organizacja i zarządzanie*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, s.5-6.
11. Blaik P., 2010. *Logistyka*. *Koncepcja zintegrowanego zarządzania*, Wyd. PWE, Warszawa, 2010, s. 43.
12. Bowersox D.J., Closs D.J., Bixby Cooper M. (2010). *Supply chain logistics management*, Boston, s. 146.
13. Bozarth C.B., Handfield R.B, (2007), *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw,* Helion, Gliwice, s. 86.
14. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.* World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Information and Communication Engineering Vol 8, No 1.

15. BTRE. (2001). *Logistics in Australia: A Preliminary Analysis*. Bureau of Transport and Regional Economics.
16. Bujak A. (2014). *Współczesna logistyka i kierunki jej rozwoju*, Logistyka 4/2014, s. 1702.
17. Bujak A., (2017). *Rewolucja przemysłowa-4.0 i jej wpływ na logistykę XXI wieku*, Czasopismo Logistyka nr 6/2017, s. 1338.
18. Bukowski L. (2019a). *Logistics decision-making based on the maturity assessment of imperfect knowledge*, Engineering Management in Production and Services, Vol 11, Issue 4.
19. Bukowski, L. (2019b). *Reliable, Secure and Resilient Logistics Networks. Delivering products in a risky environment*. Switzerland: Springer Nature.
20. Chang, Y. H. (2000). Logistical Management. Taiwan: Hwa-Tai Bookstore Ltd.
21. Ciesielski M., (2002), *Sieci logistyczne*, AE, Poznań, s. 5-8.
22. *Cloud network architecture and ICT – Modern Network Architecture*, (2013), Itknowledgeexchange.techtarget.com
23. Coyle, J., Bogostardi, E., & Langley, C. Jr. (2010). *Zarządzanie logistyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Warszawa.
24. Craciunescu R., (2016) *ECRIS – the Romanian Judiciary Case Management System,* PresentationNo 5 from conference "Standards and best practice in the field of e-services in public administration", financed by Norway and domestic funds.
25. Creation, H. I. (2015). *Horváth & Partners*. Retrieved from http://www.horvathpartners.com/en/publications/featured-articles-interviews/detail/how-industry-40-ischanging-how-we-manage-value-creation/
26. Cygler J. (2002), Alianse strategiczne, Difin, Warszawa.
27. Czakon W. (2007). *Dynamika więzi międzyorganizacyjnych przedsiębiorstwa*, AE Katowice 2007, s. 115.
28. Deloitte. (2014). *Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*.
29. Dembińska- Cyran I. (2004). *4PL, nowa generacja operatora logistycznego*. Logistyka 4/2004.
30. Długosz J., (2006). *Znaczenie cen w outsourcingu logistycznym* (cz. 1), Logistyka 3/2006.
31. Edwards J., (2010). *2010 RFID Journal Award: Minera Norge Takes RFID to the Arctic Edge*, *Case Studies*. https://www.rfidjournal.com/2010-rfid-journal--award-minera-norge-takes-rfid-to-the-arctic-edge-2 [dostęp lipiec 2020]
32. E-logistyka, Wieczerzycki W (red.), PWE, Warszawa 2012.
33. Enarsson L., (2006). Future Logistics Challenges, Copenhagen Business School Press DK.

34. Fechner I. (2007). *Zarządzanie łańcuchem dostaw*. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań.
35. Ferguson S., Thornley C., Gibb F. (2015). *How Do Libraries Manage the Ethical and Privacy Issues of RFID Implementation? A Qualitative Investigation into the Decision-Making Processes of Ten Libraries*, Journal of Librarianship and Information Science 47, no. 2, s. 117–130.
36. Galindo L.D (2016) *The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology*; *Master of Science in Mechanical Engineering, NTNU, Norwegian University of Science and Technology.*
37. Gąsowska M. K., (2014). *System informacji jako narzędzie wspomagające zarządzanie logistyką w przedsiębiorstwie i łańcuchach dostaw*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja I Zarządzanie z. 68, s. 289–298.
38. Gen, M., Cheng, R., & Lin, L. (2008). *Logistics Network Models*. Network Models and Optimization, Springer, pp. 135–229.
39. Gołembska E., (2012). *Istota, cel i zakres logistyki*, [w:] Gołembska E. (red.): Logistyka. C.H. Beck, Warszawa, s. 20.
40. Gołembska E., (2012). *Współczesne trendy i kształtowanie wizji logistyki przyszłości*, Gospodarka materiałowa i logistyka nr 6/2012, PWE, Warszawa.
41. Grabowska J. (2008). *Transformacja magazynu w łańcuchu dostaw na przykładzie branży napojów* [w:] Nowoczesność Przemysłu i Usług. Wymiar globalny, regionalny, partnerstwo nauka – gospodarka. TNOiK, Katowice.
42. Grodzka D., *Edemokracja*, (2009). [w:] Społeczeństwo informacyjne, D. Grodzka (red.), „Studia BAS" 2009, nr 3(19). s. 65–66.
43. Grudzewski W., Hejduk I. (2002). *Przedsiębiorstwo wirtualne*. Difin, Warszawa 2002.
44. Harland Ch.M., Lamming R.C., Zheng J., Johnsen T.E., (2001). *A taxonomy of supply networks*. Journal of Supply Chain Management. Vol. 37, Iss. 4, Fall 2001.
45. Henning F., Ng G. Y., (2009), The challenge of collaboration – ICT implementation networks in courts in The Netherlands, Transylvanian Review of Administrative Sciences, No. 28 E SI/2009, s. 27–44.
46. Herman, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). *Design principles for Industry 4.0 Scenario: A literature review.* Technische Universität Dortmund.?
47. http://nmf.ms.gov.pl/pl/projekt-nr-2/ [dostęp wrzesień 2020]
48. http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-theindustr.Html.
49. http://www.ala.org/pla/tools/technotes/rfidtechnology [dostęp lipiec 2019]
50. http://www.handelmiedzynarodowy.info/tsl/e-logistyka-jako-kierunek-rozwoju-logistyki-przyszlosci [dostęp lipiec 2020]

51. http://www.heuristic.pl/blog/e-biznes/E-logistyka [dostęp lipiec 2020]
52. http://www.portasaber.pt/footwear.html [dostęp lipiec 2020]
53. https://funduszenasprawiedliwosc.ms.gov.pl/nmf/category/news/[dostęp sierpień 2020]
54. https://gaorfid.com/police-services-rfid-systems/ [dostęp lipiec 2020]
55. https://gta.georgia.gov/sites/gta.georgia.gov/files/related_files/site_page/DeKalb-County-Bar-Code-and-RFID-Tracking-System.pdf [dostęp lipiec 2020]
56. https://pl.farnell.com/iot-impact-on-supply-chain-management [dostęp lipiec 2020]
57. https://przemysl-40.pl/index.php/2018/11/03/logistyka-4-0-czyli-iot-w-lancuchach-dostaw/ [dostęp lipiec 2020]
58. https://trans.info/pl/logistyka-4-0-w-polskich-firmach-oni-daja-przyklad-innym-596bc7d0bd04fa861f8b463d-20224 [dostęp lipiec 2020]
59. https://www.br-automation.com/pl/technologia/industrial-iot/ [dostęp lipiec 2019]
60. https://www.dekalbcountyga.gov/information-technology/welcome [dostęp lipiec 2020]
61. https://www.erp24.pl/aid-rfid-wms/rtls-rewolucyjna-technologia-lokalizacyjna.html] [dostęp maj 2019]
62. https://www.flockfreight.com/2019/02/07/inbound-vs-outbound-logistics/
63. https://www.gs1pl.org/standardy-i-rozwiazania/znaczniki-epc-rfid [dostęp lipiec 2020]
64. https://www.inboundlogistics.com/cms/article/5-ways-to-improve-fulfillment-center-efficiency/
65. https://www.inboundlogistics.com/cms/article/whats-the-difference/
66. https://www.log24.pl/news/jak-logistyka-4-0-rozwija-sie-w-polsce/ [dostęp lipiec 2020]
67. https://www.logistics-journal.de/about/intralogistics. [dostęp lipiec 2020]
68. https://www.mecalux.pl/artykuly-logistyczne/omnichannel-co-to-jest [dostęp lipiec 2020]
69. https://www.rfidpolska.pl/rfid-w-sadzie-wyszukiwanie-akt/ [dostęp lipiec 2020]
70. https://www.rfid-wiot-search.com/feig-ogtech-and-qcs-provide-largest-rfid-document-tracking-system-in-the-world [dostęp sierpień 2020]
71. https://www.secureidnews.com/news-item/rfid-enables-courts-law-firms-to--track-files/ [dostęp lipiec 2020]
72. https://www.timocom.pl/lexicon/leksykon%20transportowy/logistika%204.0. [dostęp luty 2019]
73. https://www.tollgroup.com/ [dostęp lipiec 2020]

74. https://www.wisetrack.com/law-enforcement-asset-tracking/ [dostęp lipiec 2020]
75. https://www.wnp.pl/logistyka/logistyka-4-0-o-co-w-niej-chodzi-kto-i-co-wyznacza-trendy,331019.html [dostęp lipiec 2020]
76. *Industry 4.0. Opportunities and challenges of the industrial internet.* https://www.pwc.pl/pl/pdf/industry-4-0.pdf
77. Jones C., Hestery W. i Borgatti S.P. (1997). *A general theory of network governance: Exchange conditions and social mechanisms*, "Academy of Management Review", no 22.
78. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. (2013). *Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group,* National Academy of Science and Engineering *acatech; https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf*
79. Kisielnicki J. (2002). *Przedsiębiorstwo przyszłości w warunkach nowej ekonomii* [w:] W.M. Grudzewski, I.K. Hejduk: Przedsiębiorstwo przyszłości – wizja strategiczna, Warszawa, Difin 2002.
80. Kisperska-Moroń D., Krzyżaniak S. (red.). 2009. *Logistyka*, Wyd. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, s. 15–16.
81. Kisperska-Moroń D., Krzyżaniak S. (red.): Logistyka. (2009). Biblioteka Logistyka, Poznań.
82. Kisperska-Moroń D., Sołtysik M. (1996). *System logistyczny przedsiębiorstwa*, Wyd. AE, Katowice.
83. Klonowski Z. J. (2004). *Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s.66.
84. Knop L., Odlanicka-Poczobutt M., (2016), *Antecedencje i konsekwencje trwałości sieci – podstawowe założenia badawcze* w: Organizacja inteligentna. Perspektywa zasobów ludzkich. Red. C. Suszyński, G. Leśniak-Łebkowska. Warszawa : Szkoła Główna Handlowa – Oficyna Wydaw., s. 415-430.
85. Korczak J. (2013). Inżynieria procesów logistycznych, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, 2013, s.44.
86. Krawczyk, S. (2011). *Logistyka. Teoria i praktyka*, Difin. Warszawa.
87. Królik R., Nowodziński P., (2010). *Analiza systemowa łańcucha logistycznego na przykładzie przedsiębiorstwa hutniczego*, Logistyka Nr 4, 2010, s. 94–98.
88. Kulińska E., OdlanickaPoczobutt M., (2019), Logistyka jako narzędzie wspierające rozwój e-government, Placet.
89. Lasi, H., Kemper, H.-G., Fettke, P., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0.*, Business & Information Systems Engineering: Vol. 6: Iss. 4, 239–242.
90. Lean.org.pl. [Online] [Zacytowano: 20 01 2019.] https://lean.org.pl/tprzemysl-4-0-co-dziala-a-co-nie/

91. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2014). Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters, 3*.
92. Łobos K. (2005). *Organizacje sieciowe* [w:] R. Krupski (red.), Zarządzanie przedsiębiorstwem w turbulentnym otoczeniu, PWE, Warszawa.
93. Lummus, R., Krumwiede, D., & Vokurka, R. (2001). *The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition*. Industrial Management and Data Systems 101/8 (2001), s. 426–431.
94. Lyons R. G. (2000). *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności*, Warszawa.
95. Marjan S., Lerher T. Gajšek B., Maturity levels for logistics 4.0 based on nrw's industry 4.0 maturity model, 18 international scientific conference Busness Logistics In Modern Management, October 11–12,2018-Osijek, Croatia.
96. Maśloch P., 2005, *Logistyka i jej rozwój na przestrzeni lat – od koncepcji cesarza Leontosa VI do wsparcia logistycznego operacji „Pustynna Burza"*, Zeszyty Naukowe. Logistyka i Transport No 1., 2005, s. 35–45.
97. Matwiejczuk R. (2011). *Innowacyjne aspekty logistyki w sieci tworzenia wartości w świetle koncepcji kluczowych kompetencji*, „Acta Universitatis Łodziensis, Folia Oeconomica", nr 251.
98. Michlowicz E. (2002). *Podstawy logistyki przemysłowej*, AGH, Kraków.
99. Motorola. (2014). *Advantages of RFID in transportation and logistics.*
100. Obitko, M., & Jirkovsky, V. (2015). *Big Data Semantics in Industry 4.0.*, Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*,* Springer No
101. Odlanicka-Poczobutt M. (2014). *System automatycznej identyfikacji RFID w bibliotece akademickiej. Cz. 2* w: Biblioteka akademicka. Infrastruktura – uczelnia – otoczenie,. Pod red. M. Odlanickiej-Poczobutt i K. Zioło, Wydaw. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014, s. 307–319.
102. Odlanicka-Poczobutt M. (2014). *System automatycznej identyfikacji RFID w bibliotece akademickiej. Cz.* 1 w: Biblioteka akademicka. Infrastruktura – uczelnia – otoczenie,. Pod red. M. Odlanickiej-Poczobutt i K. Zioło, Wydaw. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014, s. 291–305.
103. Odlanicka-Poczobutt M., (2013), *Zastosowanie nowoczesnych technik informacyjnych w sądownictwie powszechnym*, [w] *Europejska przestrzeń komunikacji elektronicznej*, Buko J., (red.), Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 763, Ekonomiczne Problemy Usług nr 105, Tom II, Szczecin 2013, s. 553–561.
104. Odlanicka-Poczobutt M., (2014), *Rola technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) w sądownictwie powszechnym – wyzwania i możliwości*, [w] *Ekonomiczno-społeczne i techniczne wartości w gospodarce opartej na wiedzy*, Buko J., (red.), Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 809, Ekonomiczne Problemy Usług nr 113, Tom II, Szczecin 2014, s. 93–101.

105. Odlanicka-Poczobutt M., Szmal A., (2008), *Zarządzanie sieciami dostaw jako zachowanie przedsiębiorcze*. w: Przedsiębiorczość, innowacyjność, foresight. Aspekty ekonomiczne, społeczne i ekologiczne. Monografia. T. 1. pod red. L. Woźniaka, Oficyna Wydaw. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, s. 169–178.
106. Osmólski W. (2019), Logistyka 4.0 – cyfryzacja komunikacji w łańcuchach dostaw, Czasopismo Logistyka Nr 3, s. 36–38.
107. Pastuszak Z. (2004). *Wirtualny łańcuch dostaw*, Logistyka 6/2004.
108. Pastuszak Z. (2008). *Czwarta strona transakcji w procesach fizycznej dystrybucji. Trendy SCM w nowej gospodarce*, Logistyka 5/2008.
109. Pfohl, H. Ch. (1998). *Systemy logistyczne. Podstawy organizacji i zarządzania*, Poznań, Poland: Instytut Logistyki i Magazynowania.
110. Pochet Y., Wolsey L.A. (2006*). Production Planning by Mixed Integer Programming*. Springer, Nowy Jork, s. 4.
111. Premm, M., & Kirn, S. (2015). A Multiagent System Perspective on Industry 4.0 Supply w: Müller J. P., Ketter W., Kaminka G., Wargner, Bulling N. (2015). *Multiagent Systems Technologies.* Springer International Publishing.
112. Przemysl-40. http://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/
113. Przemysl-40.pl. http://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej-firmy-bosch/.
114. Przemysl-40.pl. http://przemysl-40.pl/index.php/2017/11/19/wdrozenie-robotyzacja-4-0-w-firmie-wisniowski/.
115. Przemysl-40.pl.http://przemysl-40.pl/index.php/2018/11/28/seat-europejskim-liderem-transformacji-cyfrowej-wedlug-financial-times/.
116. Publikacje.siemens-info.com.https://publikacje.siemens info.com/pdf/76/Od%20Industry%204.0%20do%20Smart%20Factory.pdf.
117. PwC. www.pwc.pl. https://www.pwc.pl/pl/pdf/przemysl-4-0-raport.pdf.
118. Radziejowska G. (2001). *Działalność innowacyjna w świetle zarządzania łańcuchem dostaw* [w]: Materiały konferencyjne -Nowoczesność przemysłu i usług. Katowice 2001.
119. Ranawella,T.C., (2006). *An introduction to a library material management and security control system-Radio Frequency Identification technology*. Journal of the University Librarian Association of Srilanka, http://www.sljol.info.
120. Revolution, I. (2009). *History*. Retrieved from http://www.history.com/topics/industrialrevolution
121. Revolution, T. S. (2000). *study.com.*Retrievedfromhttp://study.com/academy/lesson/thesecond-industrial-revolution-timeline-inventions.html
122. Roal, D. V. (2001). La tercera revolución industrial y la era del conocimiento. (D. O. García, Ed.)

123. Rutkowski K. (2002). *Producent i detalista w zintegrowanym łańcuchu dostaw*, [w:] Przedsiębiorstwo partnerskie, pod red. M. Romanowskiej i M. Trockiego, Difin, Warszawa, s. 59.
124. Rutkowski, K., (2004), *Zarządzanie łańcuchem dostaw – próba sprecyzowania terminu i określenia związków z logistyką*, Gospodarka Materiałowa i Logistyka, nr 12, s. 2.
125. Sadowska B. (2014). *Rola i miejsce logistyki w systemie zarządzania przedsiębiorstwem*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie, No. 1/2014, s. 180.
126. Sallai G., (2012), *Defining Infocommunications and Related Terms*, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 9, No. 6, 2012, pp. 5–15.
127. Salvesen Logística. (2014). http://www.salvesenlogistica.com/en/servicios/logistica-integral
128. Schelechtendal, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2015). *Making existing production system Industry 4.0-ready*. Production Engeneering Research and Development, Springer Vol. 9, s. 143-148.
129. Schmidt R., Möhring M., Härting RC., Reichstein C., Neumaier P., Jozinović P. (2015). Industry 4.0 – Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. In: Abramowicz W. (eds) Business Information Systems. BIS 2015. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 208. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19027-3_2
130. Schwab K. (2018). *Czwarta rewolucja przemysłowa.* Wydawnictwo Studio Emka, 2018.
131. Seatmediacenter.com.https://www.seatmediacenter.com/companypages/facilitiespage/martorell-production-facility.html.
132. Silverstone R. et al., (1991), *Listening to a long conversation: an ethnographic approach to the study of information and communication technologies in the home*, Cultural Studies, 5(2), 1991, p. 204–227.
133. Singh J., Brar N., Fong C. (2006). *The state of RFID: Application in Libraries*. „Information Technology and Libraries", Vol. 25, No. 1
134. Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z., (2012). *Logistyka w przedsiębiorstwie*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, s. 18-20.
135. Skowrońska A., (2007). *Globalne trendy cywilizacyjne podstawą europejskiej polityki logistycznej*, Gospodarka Materiałowa i logistyka nr 1/2007.
136. Sołtysik M., 2003. *Zarządzanie logistyczne*, Wyd. AE w Katowicach, s 28–36.
137. Sroka W. (2012). *Sieci aliansów. Poszukiwanie przewagi konkurencyjnej poprzez współpracę*, PWE, Warszawa.
138. Sun, C. (2012). Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. *AASRI Procedia*.

139. Świerczek A., 2007. *Od łańcuchów dostaw do sieci dostaw*, Logistyka 1/2007, s. 74.
140. Syed, S., (2005). *Use of RFID Technology in libraries: a new approach to circulation, tracking, inventorying and security of library materials*. Library Philosophy and Practice. 8(1), 15–21.
141. Systems, A. (2010). Minera Norge. Norway.
142. Szabatin J. (2000). *Podstawy teorii sygnałów*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Wyd. 3, Warszawa.
143. Szymczak M., (2002), *Partnerstwo logistyczne w sieciach*, w: M. Ciesielski, *Sieci logistyczne*, AE, Poznań, s. 5–8.
144. Szyszka G., (2008), *Sieci logistyczne – nowy wymiar logistyki,* PWE Warszawa, s. 16.
145. Tarkowski J., Stefaniak R. (2002) *Elastyczne zarządzanie łańcuchem dostaw w branży materiałów budowlanych*, w: Elastyczne łańcuchy dostaw – koncepcje, doświadczenia, wyzwania. VI Międzynarodowa Konferencja LOGISTICS 2002, Poznań.
146. Timoshenko I., (2018). *RFID in Libraries: Automatic Identification and Data Collection Technology for Library Documents*, Maintenance Management, Fausto Pedro García Márquez and Mayorkinos Papaelias, IntechOpen.
147. Tseng, Y.-y., Yue, W., & Taylor, M. (2005). The Role of Transportation in Logistics Chain. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation studies, 5*, 1657–1672.
148. Uckelmann, D. (2008). Definition Approach to Smart Logistics. *Wireless Advanced Networking*.
149. Volkswagen-poznan.pl. https://volkswagen-poznan.pl/pl/fabryki/fabryka-we-wrzesni.
150. Wallace T.F., Kremzar M.H. (2001). *ERP: Make it happen. The Implementers' Guide to Success with Enterprise Resource Planning*, New York, s.10.
151. Wegener, D. (2015). *Industry 4.0 – vision and mission at the same time. Industry 4.0 – Opportunities and challenges of the industrial internet*. In: T. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser (eds.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien, Migration (pp. 343–358). Wiesbaden: Springer
152. *What 's It All About*, 1992. Council of Logistics Management, Oak Brook, Illinois, s. 3–6.
153. Witkowski J. (2010). *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje. Procedury. Doświadczenia*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
154. Witkowski J. (2003). *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*, PWE, Warszawa.

155. Witkowski J., (2000), *Logistyka w organizacjach sieciowych*, w: *Gospodarka Materiałowa i Logistyka 2000*, nr 7–8, s. 168.
156. Yu, Q. (2015). Information integration on the basis of RFID system. In Q. Yu, *New Approaches for Automated Intelligent Quality Inspection System*. Trondheim: NTNU.
157. Zając P. (2011). *Systemy informatyczne i telematyczne w logistyce*, [w:] Krawczyk S. (red.): Logistyka. Teoria i praktyka. Tom 2. Difin, Warszawa, s. 16.
158. Zhang W., Yin Q., Wang W., (2010). *Distributed TDoA estimation for wireless sensor networks*, Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference, s. 2862–2865.
159. Zhu, X., Mukhopadhyay, S., & Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology*. Vol 29, s. 152–167.
160. Zieliński T. P. (2007). *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: od teorii do zastosowań*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Wyd. 2 popr, Warszawa.
161. Zimniewicz K. (1999). *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*. PWE, Warszawa.
162. Ziółko B, Ziółko M. (2011). *Przetwarzanie Mowy*, Wydawnictwa AGH, Kraków.

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1.1. Kierunki i fazy rozwoju logistyki w XX wieku 13
Rysunek 1.2. System logistyczny 14
Rysunek 1.3. Współczesny łańcuch dostaw 17
Rysunek 1.4. Uczestnicy łańcucha dostaw 18
Rysunek 1.5. Wirtualny łańcuch dostaw 21
Rysunek 1.6. Układ graficzny sieci dostaw 25
Rysunek 1.7. Internet rzeczy 29
Rysunek 1.8. IoT i IoS w Logistyce 4.0 32
Rysunek 2.1. Środowisko Industry 4.0 36
Rysunek 2.2. Model PwC dojrzałości cyfrowej organizacji – kompetencje Industry 4.0 rozwijane w siedmiu wymiarach i czterech etapach 41
Rysunek 2.3. Możliwości wdrożenia Industry 4.0 w układzie pionowym i poziomym 42
Rysunek 2.4 Autonomiczny pojazd firmy Google 44
Rysunek 2.5. Przykład dużej drukarki 3D 45
Rysunek 2.6. Przykład nowoczesnego robota pracującego w magazynach firmy Puma 46
Rysunek 2.7. Przykład wykorzystania Internetu Rzeczy 47
Rysunek 2.8. Oddziały firmy Bosch 54
Rysunek 2.9. Wykorzystanie komponentów produkowanych w fabrykach Bosch 55
Rysunek 2.10. Kluczowe zmiany związane z produkcją w zakładach Blaichach oraz Immenstadt 55
Rysunek 2.11. Produkty wytwarzane w fabrykach Bosch (w tym planowane) 56
Rysunek 2.12. Wdrażanie Industry 4.0 w fabrykach Bosch 56
Rysunek 2.13. Zmiany w zakładzie od produkcji tradycyjnej do Przemysłu 4.0 57
Rysunek 2.14. Mapa oddziałów firmy Bosch 58
Rysunek 2.15. Fabryka Volkswagen Poznań we Wrześni 60
Rysunek 2.16. Linia produkcyjna fabryki Volkswagena Poznań 61
Rysunek 2.17. Fabryka Seata w Martorell 63
Rysunek 2.18. Przykład linii produkcyjnej w fabryce Seata z wykorzystaniem ergonomicznego stanowiska pracy 64

Rysunek 2.19. Fabryka Wiśniowski w Wielogłowach 65
Rysunek 2.20. Robot spawający w firmie Wiśniowski 66
Rysunek 2.21. Zakłady Polmo S.A. w Brodnicy 68
Rysunek 2.22. Zrobotyzowany proces spawania w zakładzie Polmo S.A. 69
Rysunek 3.1. Ewolucja logistyki 70
Rysunek 3.2. Przebieg procesów logistyki 1.0 w łańcuchu dostaw 77
Rysunek 3.3. Przebieg procesów logistyki 2.0 w łańcuchu dostaw 79
Rysunek 3.4. Proces zarządzania łańcuchem dostaw. Logistyka 3.0 82
Rysunek 3.5. Zarządzanie łańcuchem dostaw – Proces logistyki 4.0 84
Rysunek 3.6. Technologie wspierające w Logistyce 4.0 85
Rysunek 3.7. Problemy czwartej rewolucji przemysłowej 87
Rysunek 3.8. Przepływ informacji w systemach informacji logistycznej 92
Rysunek 3.9. Struktura systemu klasy ERP 94
Rysunek 3.10. Systemy usprawniając logistykę w firmach 94
Rysunek 3.11. Determinanty projektowania komponentów technicznych Logistics 4.0 101
Rysunek 4.1. Elementy systemu RFID 105
Rysunek 4.2. System RFID z kilkoma antenami 106
Rysunek 4.3. Poziomy systemu RFID 107
Rysunek 4.4. Interfejs RST 108
Rysunek 4.5. Interfejs RCT 109
Rysunek 4.6. Interfejs konsoli zarządzania oprogramowaniem pośrednim ... 110
Rysunek 4.7. Komponenty oprogramowania RFID 110
Rysunek 4.8. Architektura Laboratorium RFID 111
Rysunek 4.9. Układ laboratorium KDL 112
Rysunek 4.10. Zastosowany przenośnik taśmowy 112
Rysunek 4.11. Biurko z obszarem portalu RFID 113
Rysunek 4.12. Półka symulująca magazyn 113
Rysunek 4.13. Elementy systemu w laboratorium KDL 114
Rysunek 4.14. Różnego rodzaju tagi zastosowane w KDL 115
Rysunek 4.15. Format znacznika EPC w KDL 115
Rysunek 4.16. Anteny RFID w KDL 116
Rysunek 4.17. Czytniki RFID w KDL 117
Rysunek 4.18. Czytniki ręczne w KDL 117
Rysunek 4.19. Oprogramowanie pośrednie w KDL 118
Rysunek 4.20. Układ laboratorium symulującego procesy w fabryce rowerów 119
Rysunek 4.21. Struktura procesu produkcyjnego w fabryce 120
Rysunek 4.22. Obiekt na „półce z częściami" i interfejs oprogramowania 122
Rysunek 4.23. Obiekt przechodzący przez portal i interfejs oprogramowania 123

Rysunek 4.24. Obiekt na taśmie przenośnika i interfejs oprogramowania..... 124
Rysunek 4.25. biekt przechodzący przez wyjście z portalu i interfejs oprogramowania 125
Rysunek 4.26. Obiekt na półce z produktem gotowym i interfejs oprogramowania..... 126
Rysunek 4.27. Ekran ręcznego czytnika przedstawiających odczyt inwentarza 127
Rysunek 4.28. Zakład Minera w Oppdal 128
Rysunek 4.29. Operator wybiera produkt do wyprodukowania 130
Rysunek 4.30. Wózek widłowy sterowany przez operatora 130
Rysunek 4.31. Urządzenie ładujące sterowane przez operatora i wygenerowane okno programu z informacjami o procesie..... 131
Rysunek 4.32. Okno potwierdzenia przez kierowcę ładowarki, że towar znajduje się w pomieszczeniu i wózek widłowy może odjechać 131
Rysunek 4.33. Operator sprawdzający stan oczekujących zamówień 132
Rysunek 4.34. Etykieta RFID przymocowana do palety..... 132
Rysunek 4.35. Paleta opakowana (owinięta) folią..... 133
Rysunek 4.36. Nowy Tag z informacjami o produkcie wygenerowanymi przez SUPER DRAGFINN..... 133
Rysunek 4.37. Ładowarka transportująca ostatnią paletę z produktem 134
Rysunek 4.38. Okno programu z lokalizacją produktu w czasie rzeczywistym 134
Rysunek 4.39. Inteligentne przetwarzanie w ramach IIot proponowane przez B&R 136
Rysunek 4.40. Tall-order-not-toll 138
Rysunek 4.41. Przykładowe stanowisko pracy w firmie Bosch..... 139
Rysunek 4.42. Przykładowy monitor z planem czynności w firmie Bosch..... 140
Rysunek 5.1. Architektura systemu LibBest Library RFID Management System..... 145
Rysunek 5.2. Przykładowa etykieta RFID na woluminie oraz mobilne stanowisko do skontrum i kontroli księgozbioru 146
Rysunek 5.3. Przykładowa wizualizacja tagu RFID na aktach sądowych..... 148
Rysunek 5.4. Architektura systemu rumuńskiego sądownictwa z zastosowaniem systemu ECRIS..... 151
Rysunek 5.5. Nowy budynek prokuratury w Doha w Katarze..... 152
Rysunek 5.6. Kontrola dostępu za pomocą RFID 154
Rysunek 5.7. Budynek Sądu w hrabstwie DeKalb..... 156
Rysunek 5.8. Rozmieszczenie znaczników w budynku sądu w hrabstwie St. Charles..... 158
Rysunek 5.9. Obuwie z systemem RFID 160

Rysunek 5.10. Możliwość przypisania sprzętu do pracownika w systemie RFID 160
Rysunek 5.11. Możliwość identyfikacji pracownika w systemie RFID 161
Rysunek 5.12. Możliwość lokalizacji pracownika w systemie RFID 161
Rysunek 5.13. Możliwość tworzenia obszarów o ograniczonym dostępie w RFID 162
Rysunek 5.14. Zastosowanie WiseTrack w radiowozach 163
Rysunek 5.15. Bramka RFID przy wyjściu z budynku 164

TOWARZYSTWO NAUKOWE
ORGANIZACJI I KIEROWNICTWA

STOWARZYSZENIE WYŻSZEJ UŻYTECZNOŚCI

DOM ORGANIZATORA

ul. Czerwona Droga 8
87-100 Toruń
tel. (56) 622 38 07, (56) 622 28 98

www.tnoik.torun.pl
e-mail: sekretariat@tnoik.torun.pl

www.wydawnictwo.tnoik.torun.pl/sklep/
e-mail: wydawnictwo@tnoik.torun.pl

DZIAŁ WYDAWNICTW
Wydajemy drukiem
poradniki, podręczniki akademickie i komentarze
z zakresu prawa, ekonomii, organizacji i zarządzania

DZIAŁ EDUKACJI
Organizujemy szkolenia, seminaria,
konferencje naukowe krajowe i międzynarodowe

Chcesz wiedzieć więcej?

zapraszamy
do naszej księgarni internetowej

www.wydawnictwo.tnoik.torun.pl/sklep/

Z recenzji Prof. dr. hab. Lecha A. Bukowskiego:

(...) monografia pt. „Logistyka 4.0 – wybrane zastosowania" jest nowatorską pracą, wnoszącą istotny wkład w rozwój zastosowań nauk o zarządzaniu i jakości, charakteryzująca się m.in.:

Możliwością wykorzystania jej jako źródła wartościowych informacji dla wykładowców i studentów kierunków ekonomicznych i technicznych specjalizujących się w logistyce oraz łańcuchach dostaw.

Międzynarodowym zasięgiem badań przeprowadzonych wśród przedstawicieli znaczących przedsiębiorstw międzynarodowych, stosujących najnowsze techniki i metody z obszaru Logistyki 4.0.

Szeroką perspektywą badawczą, obejmującą wiele aspektów wynikających z transdyscyplinarnego charakteru współczesnej logistyki i złożoności globalnych łańcuchów dostaw.

Bardzo istotnymi walorami aplikacyjnymi, które pozwalają na dostosowanie dobrych praktyk zarządzania łańcuchami dostaw stosowanych w czołowych firmach światowych do warunków realnie istniejących w Polsce.

Prof. dr hab. Ryszard Barcik – profesor nauk ekonomicznych w zakresie nauk o zarządzaniu (2012 r.), doktor habilitowany w dyscyplinie inżynieria materiałowa na Politechnice Śląskiej (1993 r.), Rektor Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej w latach 2008–2016, Dziekan Wydziału Zarządzania i Informatyki ATH 1999–2008, Kierownik Katedry Zarządzania, 1994–2019. Ma w swoim dorobku naukowo-badawczym ponad 325 pozycji, książkowych, artykułów oraz prac naukowo-badawczych wdrożonych do praktyki przemysłowej. Autor wielu recenzji, uczestnik staży krajowych i zagranicznych, m.in. w University of Houston, Jackson State University, Massachusetts Institute of Technology. Wykładał na uniwersytetach w Grecji, Danii i USA, wypromował 9 doktorów nauk ekonomicznych w dziedzinie zarządzania. Trzykrotnie wyróżniony nagrodą indywidualną stopnia drugiego Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia organizacyjne, 30 razy został wyróżniony nagrodami Rektora Politechniki Śląskiej, Politechniki Łódzkiej i Akademii Techniczno-Humanistycznej. Jest członkiem wielu stowarzyszeń i organizacji naukowych, m.in.: European Association for International Education, The International Society of Logistics, Polskie Towarzystwo Logistyczne, Polskie Towarzystwo Materiałoznawcze. Wiceprzewodniczący Komisji Nauk Organizacji i Zarządzania Polskiej Akademii Nauk, Oddział PAN w Katowicach. Honorowy członek Business Center Club (od 2009 r.) oraz Regionalnej Izby Gospodarczej w Katowicach (od 2010 r.). Za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania w roku 2000 został odznaczony medalem Komisji Edukacji Narodowej, w 2001 roku otrzymał z rąk Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Złoty Krzyż Zasługi w dowód uznania wybitnego wkładu pracy na rzecz Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. W 2011 r. otrzymał Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski.

Prof. PŚ dr hab. Monika Odlanicka-Poczobutt – doktor habilitowany w naukach o zarządzaniu, profesor nadzwyczajny w Politechnice Śląskiej, pracownik naukowo-dydaktyczny Wydziału Organizacji i Zarządzania. Główne zainteresowania naukowo-badawcze to praktyczne aspekty zarządzania logistyką, zarządzanie relacjami w łańcuchach dostaw, strategie rozwoju organizacji, podejście procesowe w zarządzaniu, nowoczesne techniki informacyjne oraz aplikacja rozwiązań z obszaru logistyki w sądownictwie powszechnym. Autorka ponad 120 publikacji naukowych krajowych i zagranicznych, w tym w bazie Web of Science i Scopus. Uczestniczka 10 programów europejskich, kierownik 4 projektów, w tym jednego strategicznego dla Politechniki Śląskiej, realizowanego z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. Jako pracownik naukowo-dydaktyczny wypromowała ponad 200 dyplomantów, jest członkiem Towarzystwa Naukowego Organizacji i Kierownictwa (Wiceprzewodnicząca Komisji Rewizyjnej), członkiem Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją oraz członkiem Polskiej Akademii Nauk. Odznaczona Medalem Brązowym za długoletnią służbę, przyznanym przez Prezydenta Rzeczpospolitej Polskiej w 2013 roku. Laureatka Nagród Rektora Politechniki Śląskiej za działalność naukową w 2014 i 2017 roku oraz za działalność organizacyjną w latach 2013, 2015 i 2016.

ISBN 978-83-7285-952-5