

miesięcznik

8

2019

ISSN 1231-2037

INDEKS 359 327

Rocznik LXXI

GOSPODARKA MATERIAŁOWA & LOGISTYKA

Material Economy and Logistics Journal

Aktywa obrotowe i procesy logistyczne przedsiębiorstw

Predyktywne i inteligentne utrzymanie urządzeń w Przemysle 4.0 — maszyny wzmocnione o dane. Historia zmian w UR na przykładzie krajowego sektora stalowego

Zastosowanie obserwacji migawkowej do usprawniania procesu sortowania

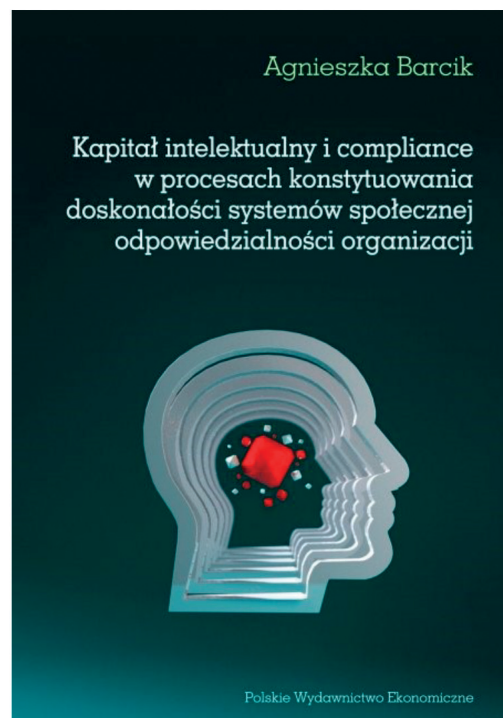
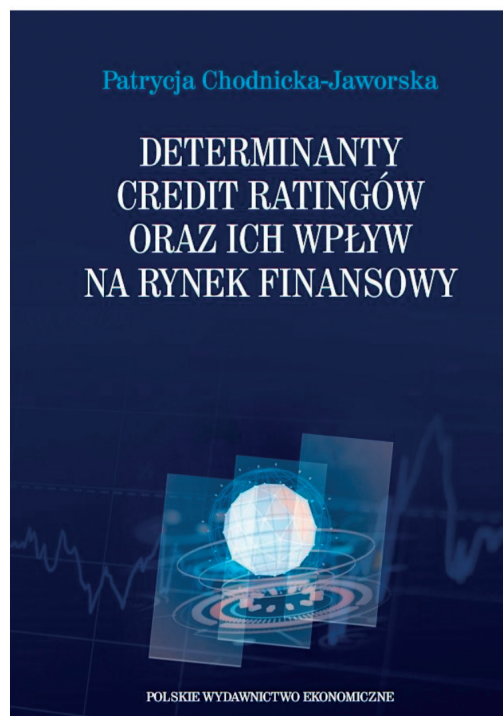
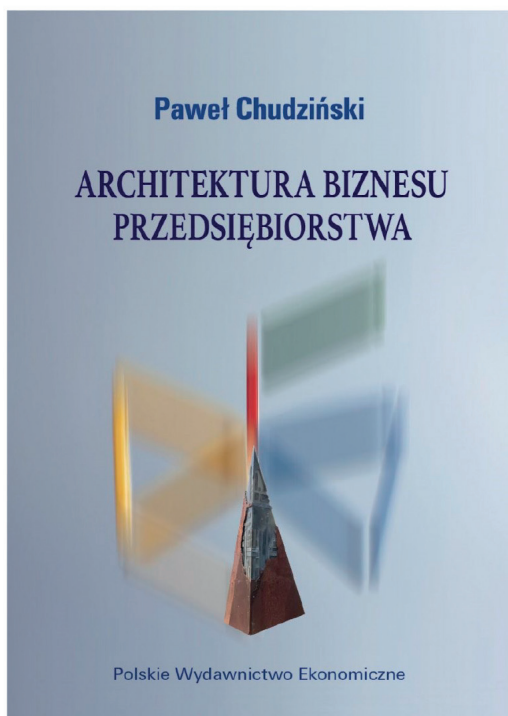
How to measure the supplier involvement?

Polskie
Wydawnictwo
Ekonomiczne



www.gmil.pl

PWE poleca



Sprzedaż hurtowa i detaliczna:

e-mail: handel@pwe.com.pl, tel. 602 733 682

Komitet redakcyjny:

Dr hab. inż. Anna Kozłowska (redaktor naczelny)
Prof. dr hab. Joanna Cygler (współpraca)
Prof. dr hab. Tomasz Gołębiowski (współpraca)
Prof. dr hab. Włodzimierz Januszkiewicz (współpraca)
Dr hab. Paweł Lesiak (współpraca)
Prof. dr hab. Krystyna Michałowska-Gorywoda (współpraca)
Prof. dr hab. Joanna Plebaniak (redaktor statystyczny)
Klaudiusz Kaleta (sekretarz redakcji)

Rada naukowa:

Prof. dr hab. Halina Brdulak — Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Prof. Ludovit Dobrovský, Ph.D. — Uniwersytet Techniczny w Ostrawie (Czechy)
Prof. dr hab. Danuta Kempny — Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Mgr Joanna Mildner-Woś — Bombardier Transportation (ZWUS) Polska Sp. z o.o.
Prof. Ing. Vladimír Modrák — Uniwersytet Techniczny w Koszycach (Słowacja)
Prof. dr hab. Czesław Skowronek — Collegium Mazovia w Siedlcach
Prof. dr hab. Michał Trocki — Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Dr Marzena Walczak — Izba Celna w Warszawie
Prof. dr hab. Jarosław Witkowski — Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Dr hab. Rafał Matwiejczuk — Uniwersytet Opolski

Adres redakcji:

00-252 Warszawa, ul. Podwale 17 lok. 2
tel. 795 155 583, e-mail: gml@pwe.com.pl
strona internetowa: www.gml.pl

Informacje dla autorów, zasady recenzowania i lista recenzentów są dostępne na stronie internetowej czasopisma. Wersja drukowana miesięcznika jest wersją pierwotną. Redakcja zastrzega sobie prawo do opracowania redakcyjnego oraz dokonywania skrótów w nadesłanych artykułach.

© Copyright by Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Warszawa 2019

Wydawca:

Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA
00-252 Warszawa, ul. Podwale 17 lok. 2
Strona internetowa: www.pwe.com.pl

Warunki prenumeraty:

Cena prenumeraty krajowej w 2019 r.: roczna 718,80 zł; półroczna 323,46 zł. Cena pojedynczego numeru 59,90 zł. Nakład: 850 egz.

Prenumerata u Wydawcy:

Roczna 25% taniej
Półroczna 10% taniej
Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA
Dział Handlowy
ul. Podwale 17 lok. 2, 00-252 Warszawa,
tel. (22) 828-19-61, e-mail: handel@pwe.com.pl

Prenumerata u kolporterów:

Garmond Press — tel. (22) 837 30 08,
<http://www.garmondpress.pl/prenumerata>
Kolporter — tel. (22) 355 04 72 do 75,
<http://dp.kolporter.com.pl>
Ruch — tel. 801 800 803, (22) 693 70 00 w godz 7–17,
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl,
lub na stronie: www.prenumerata.ruch.com.pl
Poczta Polska — infolinia: 801 333 444,
<http://www.poczta-polska.pl/prenumerata>
Sigma-Not — tel. (22) 840 30 86,
e-mail: bok_kol@sigma-not.pl
As Press — tel. (22) 750 84 29, (22) 750 84 30;
GLM — tel. (22) 649 41 61,
e-mail: prenumerata@glm.pl, <http://www.glm.pl>

Skład: Koncept, tel. 501 132 246
Druk: Sowa Sp. z o.o.

Spis treści

Czesław Skowronek
Aktywa obrotowe i procesy logistyczne przedsiębiorstw 2
Current assets and logistics processes in enterprises

Bożena Gajdzik
Predyktywne i inteligentne utrzymanie urządzeń
w Przemysle 4.0 — maszyny wzmocnione o dane.
Historia zmian w UR na przykładzie krajowego
sektora stalowego 10
*Predicative and intelligent maintenance in Industry 4.0
— machines enhanced with data. The history of changes
in maintenance in Polish steel industry*

Katarzyna Grzybowska, Maciej Krukowski Filip Thomas
Zastosowanie obserwacji migawkowej
do usprawniania procesu sortowania 18
The use of sampling to improve the sorting process

Grażyna Wieteska
How to measure the supplier involvement? 29
Jak zmierzyć praktykę włączania dostawców w rozwój produktów?

Szanowni Czytelnicy i Autorzy

Archiwalne artykuły z lat 2014–2018 dostępne są na stronie internetowej pisma. Co miesiąc wraz z nowym numerem GMIL-u kolejny numer archiwalny: <http://www.gml.pl/archiwum>

W najbliższych numerach:

- Analiza i ocena systemu transportowego na przykładzie krajów azjatyckich
- Wybrane zagadnienia dotyczące rozwoju zielonej chemii i jej wpływu na bezpieczeństwo ekologiczne
- Bezpieczeństwo i możliwości przerzutu polskich kontyngentów wojskowych na duże odległości
- Sprzęt i akcesoria wspomagające żywienie żołnierzy we współczesnych operacjach

„Gospodarka Materiałowa i Logistyka”
jest czasopismem naukowym punktowanym przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (20 punktów)

prof. dr hab. Czesław Skowronek
Collegium Mazowia w Siedlcach

Aktywa obrotowe i procesy logistyczne przedsiębiorstw

Current assets and logistics processes in enterprises

Artykuł przedstawia podstawowe dane charakteryzujące aktywa obrotowe przedsiębiorstw, ich wartość, strukturę i dynamikę zmian. Wskazano także na związek oraz wzajemne uwarunkowania aktywów obrotowych i funkcjonowanie procesów logistycznych. Aktywa obrotowe przedsiębiorstw średnich i dużych na koniec 2018 r. przekroczyły wartość 1 bln zł i stanowią 40% całości majątku przedsiębiorstw. W okresie ostatnich 3 lat wysokie tempo wzrostu tych aktywów spowodowało obniżenie ich produktywności, pogorszenie efektywności funkcjonowania przedsiębiorstw. Przyrost zapasów angażował blisko 30% całego przyrostu PKB. W tekście wskazano na związek funkcjonowania procesów logistycznych z poziomem i strukturą aktywów, a także płynnością finansową, aczkolwiek pomiar ilościowy wpływu tych procesów jest bardzo trudny, może być zrealizowany w konkretnym przedsiębiorstwie.

Słowa kluczowe:

aktywa obrotowe, zapasy, należności, przychody, zobowiązania, produktywność aktywów, procesy logistyczne, płynność finansowa

The text presents basic data that characterises current assets of enterprises, their value, structure and change dynamics. Mutual links between current assets and logistics processes were also pointed out. Current assets of medium and large enterprises exceeded 1 trillion PLN at the end of 2018 and amounted to 40% of companies' total assets. Over the last 3 years, high increase of those assets caused the deterioration of productivity and effectiveness of enterprises. Increase in the value of inventories generated almost 30% of the increase in the GDP. The relationship between the functioning of logistics processes and the level and structure of assets, as well as financial liquidity, was pointed out. However, quantitative measurement of the influence of those processes is very challenging and hence only possible in case of individual enterprises.

Key words:

current assets, inventory, receivables, revenue, liabilities, productivity of assets, logistics processes financial liquidity

Aktywa i logistyka

Aktywa obrotowe przedsiębiorstw to istotny składnik ich majątku. W przedsiębiorstwach średnich i dużych (o zatrudnieniu powyżej 49 osób), które kreują ok. 70% całości przychodów sektora przedsiębiorstw (reszta przypada na przedsiębiorstwa małe, w tym mikro), na koniec 2018 r. aktywa obrotowe przekroczyły wartość 1 bln zł. Ich poziom, struktura, dynamika zmian mają istotne znaczenie w działalności przedsiębiorstw. W sposób istotny wpływają na ich działalność operacyjną, wyniki finansowe, poziom rentowności, zdolności do rozwoju i powiększenia potencjału ekonomicznego.

Aktywa obrotowe są kształtowane także pod wpływem sprawności funkcjonowania procesów logistycznych. Moim zamiarem jest przedstawienie podstawo-

wych danych charakteryzujących wartość aktywów obrotowych, ich strukturę, a także produktywność tych zasobów. Chcę także wskazać na związek i wzajemne uwarunkowania aktywów obrotowych oraz procesów logistycznych. Często ten związek i wzajemne relacje nie są dostrzegane.

Aktywa obrotowe i procesy logistyczne są w większości przypadków przedmiotem analiz i ocen jako wyodrębnione, autonomiczne problemy funkcjonowania przedsiębiorstw. Takie podejście nie jest trafne. Ważne są związki, wzajemne oddziaływanie oraz sprzężenia zwrotne między obrotowymi zasobami przedsiębiorstw a funkcjonowaniem i sprawnością procesów logistycznych.

Procesy logistyczne przedsiębiorstw to procesy realnego przepływu produktów przez kolejne fazy działalności przedsiębiorstw. W przedsiębiorstwach przemysłowych będą to fazy: zakupów, produkcji, sprze-

daży, w szerokim zaś ujęciu dystrybucji przez kolejne ogniwa łańcucha dostaw, aż do końcowych odbiorców. W przedsiębiorstwach handlowych w miejsce sfery produkcji wchodzi sfera magazynowania, kompletacji i wielu innych operacji logistycznych.

We wszystkich tych segmentach działalności gospodarczej przedsiębiorstw występują odpowiednie rodzaje aktywów obrotowych. Procesy logistyczne, już w końcu XX w. zostały zdefiniowane jako integracja trzech podstawowych strumieni przepływów: fizycznych, informacyjnych i pieniężnych. Publikując wspólnie z Z. Saryusz-Wolskim w 1995 r. pierwsze wydanie naszej monografii (piąte wydanie ukazało się w roku 2012), powoływaliśmy się na opinię przewodniczącego Europejskiego Stowarzyszenia Logistycznego P.W. Bolta, który strumienie pieniężne traktuje także jako integralny składnik procesów logistycznych (Skowronek, Saryusz-Wolski, 2012, s. 22). Takie podejście wydaje się w pełni trafne. Strumienie pieniężne są integralnie związane z procesami zakupu i sprzedaży. Oczywiście strumienie pieniężne w przedsiębiorstwach mają w znacznym stopniu swój wymiar autonomiczny, ale łączą się one ściśle z procesami logistycznymi sfery zakupu i sprzedaży. Dotyczy to m. in. negocjacji cen zakupu i sprzedaży, kontroli płatności i ich zgodności z wcześniejszymi uzgodnieniami, kontroli terminowości płatności. Wiele z tych zagadnień jest przedmiotem działalności służb logistycznych sfery zakupu i sprzedaży w większości przedsiębiorstw. Oczywiście takie rozumienie strumieni i przepływów pieniężnych nie wyczerpuje wielu funkcji, które są przedmiotem zarządzania finansami przedsiębiorstwa. Rozpatrując zatem aktywa obrotowe przedsiębiorstw, ich strukturę, wskazując na pozytywne lub negatywne zmiany, powinniśmy także mieć na względzie wpływ procesów logistycznych, ich sprawności i racjonalności. Z drugiej zaś strony określone składniki aktywów, zwłaszcza zapasy, są nośnikami procesów gospodarczych przedsiębiorstw, w tym procesów logistycznych. To, jak się wydaje, uzasadnia analizy i oceny aktywów obrotowych przedsiębiorstw i ukazanie ich związku z procesami logistycznymi. W odpowiednich fragmentach tekstu wskazują na te zjawiska.

Wielkość i struktura aktywów

Aktywa obrotowe, ich struktura i dynamika w sposób istotny wpływają na procesy gospodarcze przedsiębiorstw, w tym procesy logistyczne. Z jednej strony są nośnikami tych procesów, zwłaszcza zakupu i sprzedaży, z drugiej zaś angażują środki kształtujące poziom rentowności i efektywności gospodarowania, ale także możliwości rozwojowych.

Z punktu widzenia efektywności procesów gospodarczych nie jest obojętne, jaki jest poziom aktywów

obrotowych, np. w relacji do przychodów, jak sprawnie obsługują procesy realizowane w przedsiębiorstwach. Zaangażowane zasoby rzeczowe i pieniężne w aktywach obrotowych są trwałym składnikiem procesów gospodarczych, ale z punktu widzenia efektywności gospodarowania nie są obojętne ich poziom, struktura, a przede wszystkim szybkość obrotu, przechodzenia z postaci pieniężnej w rzeczową i z rzeczowej w pieniężną. W tabeli 1 przedstawiłem syntetyczne wielkości aktywów obrotowych, ich strukturę i dynamikę w przedsiębiorstwach średnich i dużych.

Jak wynika z tabeli 1, zaangażowane w aktywach obrotowych środki w kwocie ponad 1 bln zł stanowią 1/3 rocznych przychodów przedsiębiorstw średnich i dużych. Struktura aktywów obrotowych wskazuje wzrost udziału zapasów; na koniec 2018 r. stanowią one 29% całości aktywów. Najbardziej płynny składnik aktywów obrotowych - inwestycje krótkoterminowe — stanowią 25% aktywów i wykazują tendencję spadkową. Należności krótkoterminowe stanowią 43% aktywów i są największym ich składnikiem. Obliczony wskaźnik rotacji należności wskazuje, że dostawca produktów, usług, towarów na otrzymanie należności pieniężnych czeka ponad 50 dni. Możemy stwierdzić, że struktura aktywów obrotowych i ich dynamika nie są korzystne z punktu widzenia efektywności gospodarowania, są czynnikiem obniżenia produktywności. W okresie 3 ostatnich lat ma miejsce proces wysokiej dynamiki wzrostu aktywów obrotowych oraz ich podstawowych składników: zapasów, należności i środków pieniężnych, które stanowią dominującą część inwestycji krótkoterminowych. Tempo wzrostu znacznie wyprzedza tempo wzrostu przychodów przedsiębiorstw. Powoduje to pogorszenie produktywności tej części aktywów, jakimi są aktywa obrotowe. Nastąpiło wydłużenie obrotu tych aktywów z 116 dni w 2015 r. do 120 dni w 2018 r. Oznacza to dodatkowe zaangażowanie środków ok. 53 mld zł. Kwota ta to 37% nakładów inwestycyjnych na środki trwałe (142 mld zł). Gdyby poziom produktywności aktywów obrotowych w 2018 r. był utrzymany na poziomie roku 2015, to inwestycje przedsiębiorstw mogłyby wynieść ponad 190 mld zł. Taka jest skala pogorszenia produktywności aktywów obrotowych i stracone szanse wzrostu inwestycji.

Poszczególne grupy aktywów obrotowych spełniają odrębne funkcje w procesach gospodarczych przedsiębiorstw. Zapasy są nośnikiem procesów zakupu, produkcji i sprzedaży. Ich struktura powinna zapewniać odpowiednią płynność tych procesów. Należności i środki pieniężne pozwalają realizować terminowe płatności zobowiązań wobec dostawców, pracowników, instytucji publicznych i innych kontrahentów. Nadmierne zaangażowanie środków w każdym ze składników aktywów obrotowych jest ekonomicznie nieefektywne, pogarsza relacje nakładów do efektów, wpływa na wzrost kosztów działalności

Tabela 1

Aktywa obrotowe i ich struktura

Lp.	Treść	2015 na 31.12		2016 na 31.12		2017 na 31.12		2018 na 31.12		Wskaźniki zmian w %	
		mld zł	w %	mld zł	w %	mld zł	w %	mld zł	w %	$\frac{2018}{2015}$	$\frac{2018}{2017}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Aktywa obrotowe	806,9	100,0	872,2	100,0	956,2	100,0	1.015,0	100,0	126,8	106,2
	ogółemw tym:										
1.1.	Zapasy	223,6	27,7	240,3	27,6	265,1	27,7	295,8	29,1	132,0	111,6
1.2.	Należności										
	krótkoterminowe	347,5	43,1	375,6	43,1	414,4	43,3	436,9	42,9	125,3	105,3
1.3.	Inwestycje										
	krótkoterminowe	212,1	26,3	231,0	26,5	249,8	26,1	253,9	25,0	119,8	101,6
2.	Przychody z całokształtu działalności w mld zł	2.520,9		2.620,3		2.865,1		3.057,0		121,3	106,7
Wskaźniki											
1.	Rotacji aktywów obrotowych w relacji do przychodów w dniach	116		120		120		120		x	x
2.	Rotacji zapasów w dniach	32		33		33		34		x	x
3.	Rotacji należności w dniach	50		52		52		51		x	x

Źródło: GUS, 2017; GUS, 2019.

przedsiębiorstw. Na przykład zapasy powodują koszty ich utrzymywania, a więc magazynowania, ochrony. Jednocześnie podlegają one procesom starzenia, tak fizycznego, jak i moralnego.

Na każdy ze składników aktywów obrotowych mają wpływ procesy logistyczne. Ich związek przejawia się w sposób zróżnicowany, na co zwracam uwagę, prezentując poszczególne grupy aktywów.

Zapasy

Zapasy rzeczowe aktywów obrotowych, jak wynika to z tabeli 1, wykazują najwyższą dynamikę wzrostu; ich wzrost w okresie 3 lat wyniósł 32%, a przychody przedsiębiorstw ze sprzedaży w tym okresie zwiększyły się o 21%. Dane te wskazują na wzrost zapasochłonności procesów gospodarczych. Zapasy mają najsilniejszy związek z procesami logistycznymi, co uzasadnia szerszą ich prezentację.

Należy zwrócić uwagę na następujące podstawowe zjawiska związane z zapasami.

Zapasy są składnikiem podziału Produktu Krajowego Brutto — ich wzrost oznacza odłożenie w zapasach nowo wytworzonej wartości ze szkodą dla innych składników podziału, głównie zaś inwestycji w środki trwałe, będące podstawowym czynnikiem rozwoju przedsiębiorstw i całej gospodarki.

Wzrost zapasów w przedsiębiorstwach angażuje znaczne środki, a szybsze tempo ich wzrostu w relacji do zmian przychodów powoduje obniżenie produktywności aktywów i pogorszenie efektywności gospodarowania.

Zapasy powodują ponoszenie znaczących kosztów ich utrzymania, zwłaszcza magazynowania i ochrony. Procesy starzenia fizycznego i moralnego zapasów to także koszty. Tak zwane posezonowe wyprzedaje zapasów, to ujemne skutki fizycznego i moralnego ich starzenia się, utraty wartości użytkowych.

Zapasy, ze wszystkich grup aktywów obrotowych, są ściśle powiązane z procesami logistycznymi. Koszty fizycznego przepływu i utrzymania zapasów to składnik szeroko pojętych kosztów logistycznych. Różne szacunki kosztów zapasów wskazują, że mogą one stanowić ok. 8-10% ich wartości w skali rocznej.

Sprawność procesów logistycznych, synchronizacja terminów dostaw z potrzebami odbiorców, to istotne czynniki kształtowania zapasów. Obecnie następuje wyraźny proces wydłużania łańcucha dostaw, co także ma wpływ na wielkość zapasów.

Wymienione czynniki, zjawiska i procesy kształtowania zapasów mają zarówno charakter makroekonomiczny, jak i wpływają na funkcjonowanie przedsiębiorstw, sprawność i efektywność ich działalności.

Należy zwrócić zwłaszcza uwagę na makroekonomiczny aspekt związany z zapasami, który jest często pomijany w ocenach. Otóż wzrost zapasów rzeczowych

wych aktywów obrotowych jest składnikiem podziału Produktu Krajowego Brutto, jego części akumulowanej. W 2018 r. PKB w stosunku do roku 2017 zwiększył się o 128 mld zł, a przyrost zapasów tylko w przedsiębiorstwach średnich i dużych wyniósł 31 mld zł i stanowił 25% całego przyrostu PKB. W okresie 3 lat przyrost PKB w kwotach bezwzględnych, to wielkość 318 mld zł, z tego na przyrost zapasów przypada 72 mld zł, tj. 23%. Taka jest bezwzględna skala negatywnego wpływu nadmiernego wzrostu zapasów na strukturę podziału PKB. Podobne wielkości nie obejmują przedsiębiorstw małych, w tym mikro, na które przypada ok. 1/3 całości obrotów sektora przedsiębiorstw niefinansowych. Można szacować, że przyrost zapasów w całym sektorze przedsiębiorstw stanowi w ostatnich latach ok. 30% całego przyrostu PKB. Nadmierny wzrost zapasów wpływa negatywnie na inne kierunki podziału PKB, zwłaszcza inwestycje, które w ostatnich 3 latach wykazują załamanie poziomu i stagnację. Nakłady inwestycyjne w 2018 r. są tylko o kilka procent wyższe od roku 2015. W tym zaś okresie PKB zwiększył się o 18% (GUS, 2017; GUS, 2019).

Rola i znaczenie zapasów w gospodarce, a zwłaszcza w ekonomice przedsiębiorstw, a także istotny wpływ procesów logistycznych na ich poziom i strukturę wskazują na potrzebę nieco szerszego potraktowania tych zagadnień. Dotyczy to zwłaszcza koncentracji zapasów w kilku działach gospodarki oraz odmienności funkcji poszczególnych rodzajów zapasów. Zagadnienia te przedstawiam niżej.

Zapasy są skoncentrowane zwłaszcza w przemyśle, handlu i budownictwie, a więc w podstawowych działach gospodarki. Ich dynamikę i strukturę przedstawiłem w tabeli 2.

W okresie 3 lat stan zapasów zwiększył się o 72 mld zł, tj. o 32%, przy wzroście przychodów ze sprzedaży o 22%. Szczególnie dynamicznie rosły zapasy w handlu, zwiększyły się one o 37%. Cykl obrotu zapasów wydłużył się do 36 dni.

Należy zwrócić uwagę na koncentrację zapasów w dwu działach, tj. w przemyśle i handlu. Na koniec 2018 r. w tych dwu działach było utrzymywanych 91% zapasów całego sektora przedsiębiorstw średnich i dużych. Jeśli doliczymy zapasy przedsiębiorstw budowlanych, to na te trzy działy gospodarki przypada 96% całości zapasów. Zatem procesy zakupu, produkcji i sprzedaży angażują coraz więcej zapasów. Wyjaśnienie tej tendencji zasługuje na oddzielne potraktowanie. Mają tu wpływ m. in. następujące zjawiska i procesy (zarówno zachodzące w gospodarce naszego kraju, jak i kształtowane przez warunki zewnętrzne, globalne).

Wydłuża się łańcuch dostaw, co raz mniej produktów jest wytwarzanych wyłącznie w danym kraju, a są one produktami europejskimi, a nawet globalnymi.

W wielu segmentach rynku okresowo występują bariery popytu powodowane zmiennymi tendencjami w strukturze potrzeb.

Procesy innowacji produktowych i technologicznych w wielu segmentach produkcji i obrotu doprowadziły do skrócenia cyklu życia produktów, co z kolei ma wpływ na zapasy i przyspieszenie intensywności odnawiania produktów.

Tak zwane wyprzedaje posezonowe, to z jednej strony wyraźne zjawisko niedostosowania wielkości podaży do popytu, a z drugiej to znaczące koszty moralnego starzenia się zapasów.

Wymienione zjawiska i procesy wymagają przedstawienia struktury rodzajowej zapasów. Poszczegól-

Tabela 2

Struktura zapasów w przekroju działowym

Lp.	Treść	Stan zapasów na 31.12.								Wskaźniki zmian w %	
		2015		2016		2017		2018		<u>2018</u> 2015	<u>2018</u> 2017
		mld zł	w %	mld zł	w %	mld zł	w %	mld zł	w %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Zapasy ogółem w tym:	223,6	100,0	240,3	100,0	265,1	100,0	295,8	100,0	110,6	132,0
1.1.	Przemysł	132,4	59,1	139,3	58,0	151,8	57,3	171,3	57,9	112,7	129,8
1.2.	Handel	71,6	32,0	78,8	32,8	88,3	33,3	98,2	33,2	111,6	137,2
1.3.	Budownictwo	10,9	4,9	12,5	5,2	13,4	5,1	14,2	4,8	106,0	130,2
2.	Przychody ze sprzedaży w mln zł	2.444,8		2.537,8		2.771,7		2.974,3		107,4	121,6
3.	Wskaźnik rotacji zapasów ogółem w dniach	33		34		34		36		x	x

Źródło: GUS, 2017; GUS, 2019, obliczenia własne.

ne grupy zapasów pełnią zróżnicowane funkcje, są kształtowane często odmiennymi czynnikami. Na ogólny stan zapasów składają się cztery podstawowe grupy:

- materiały,
- półprodukty i produkty w toku,
- produkty gotowe,
- towary.

W tabeli 3 przedstawiłem podstawowe wielkości tych zapasów, ich strukturę i dynamikę zmian.

Wymienione grupy zapasów pełnią zróżnicowane funkcje w procesach gospodarczych. Zapasy materiałów i produktów niedokończonych służą wyłącznie potrzebom tych przedsiębiorstw i innych jednostek, które je utrzymują. Możemy powiedzieć, że zapasy te funkcjonują w sferze produkcji. Na koniec roku 2018 stanowiły one 45% całości zapasów.

Zapasy produktów gotowych i towarów obsługują procesy sprzedaży i szeroko pojętych procesów dystrybucji, są one zlokalizowane u producentów, a także w wielu ogniwach procesów dystrybucji: w magazynach centralnych producentów, w sieciach hurtowych i logistycznych, w przedsiębiorstwach handlowych różnych wielkości, w stacjach serwisowych itp. Można powiedzieć, że zapasy te obsługują procesy obrotu. Na koniec 2018 r. zapasy te stanowiły 53% całości zapasów; podobny ich udział występował na koniec 2015 r.

Dynamika poszczególnych grup zapasów jest zróżnicowana. Szczególnie wysokie było tempo wzrostu produkcji niezakończonych. Wydaje się, że ma to związek z komplikowaniem procesów wytwórczych i ich internacjonalizacją. Stosunkowo niskie tempo wzrostu zapasów produktów gotowych może mieć związek z polityką producentów, którzy przesuwają te zapasy do sfery obrotu, co wskazuje na wysokie tempo przyrostu zapasów towarów (przyrost w okresie 3 lat — 36%). Należy jeszcze dodać, że zapasy towarów

w handlu stanowią 82% całości zapasów towarów utrzymywanych w przedsiębiorstwach.

Przytoczone dane bezwzględne, obliczone wskaźniki struktury i dynamiki zapasów wskazują na ich wysokie tempo wzrostu, znacznie wyprzedzające tempo wzrostu przychodów ze sprzedaży. Zapasochłonność procesów gospodarczych wobec komplikowania się powiązań gospodarczych, wydłużenia łańcuchów dostaw, złożoności procesów logistycznych wykazuje wyraźną tendencję wzrostu, co obniża efektywność procesów gospodarczych. Pogłębienie rozpoznania źródeł tych negatywnych procesów z punktu widzenia efektywności gospodarowania wymagałoby oddzielnego potraktowania.

Płynność finansowa przedsiębiorstwa

Sfery zakupów i sprzedaży przedsiębiorstw możemy rozpatrywać od strony fizycznych strumieni przepływów produktów, co jest treścią procesów logistycznych. Jednocześnie te sfery charakteryzuje przepływ pieniądza: płatności odbiorców za sprzedane wyroby, towary, usługi oraz płatności zobowiązań na rzecz dostawców materiałów, usług, energii itp. Przepływ pieniądza między przedsiębiorstwami jest przedmiotem działalności służb finansowych. Ale znaczący udział mają tu służby zakupu, sprzedaży, obejmujące szeroko rozumiane procesy logistyczne, na co wskazałem na wstępie tego tekstu.

Oprócz zapasów należności krótkoterminowe i tzw. inwestycje krótkoterminowe kształtują całość aktywów obrotowych. Wymienione grupy kształtują przede wszystkim poziom płynności finansowej przedsiębiorstwa, czyli ich zdolności do terminowego regulowania zobowiązań.

Tabela 3

Wielkość i struktura rodzajowa zapasów w latach 2015–2018

Lp.	Treść	Stan zapasów na 31.12.								Wskaźniki zmian w %	
		2015		2016		2017		2018		$\frac{2018}{2015}$	$\frac{2018}{2017}$
		mld zł	w %	mld zł	w %	mld zł	w %	mld zł	w %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Zapasy ogółem tym:	223,6	100,0	240,3	100,0	265,1	100,0	295,8	100,0	111,6	132,0
2.	Materiały	66,5	29,7	72,4	30,2	79,6	30,0	91,0	30,7	113,8	136,8
3.	Półprodukty i produkty w toku	29,5	13,2	33,8	14,1	38,9	14,7	41,9	14,2	107,4	142,0
4.	Produkty gotowe	37,6	16,8	38,2	15,9	41,3	15,6	45,6	15,4	111,2	121,3
5.	Towary	82,0	36,6	91,5	38,1	100,9	38,1	111,6	37,7	110,5	136,1

Źródło: GUS, 2017; GUS, 2019, obliczenia własne.

Tabela 4

Należności i zobowiązania oraz wskaźniki płynności finansowej przedsiębiorstw

Lp.	Treść	Stan na koniec roku w mld zł			
		2015	2016	2017	2018
1.	Należności krótkoterminowe	347,5	375,6	414,5	436,9
1.1.	z tytułu dostaw	283,2	309,3	341,7	358,4
2.	Inwestycje krótkoterminowe	212,1	231,0	248,9	253,9
3.	Razem (1 + 2)	559,6	606,6	663,3	690,8
4.	Zobowiązania krótkoterminowe	554,2	594,9	649,5	701,0
4.1.	z tytułu dostaw	278,0	308,0	340,5	354,3
Wskaźniki płynności					
1.	I stopnia w % (poz. 2:4)	38,3	38,38	38,3	36,3
2.	II stopnia w % (poz. 3:4)	101,0	101,9	102,0	98,5
3.	Relacja należności do zobowiązań z tytułu dostaw w % (poz. 1.1:4.1)	101,9	100,4	100,2	101,2

Źródło: GUS, 2017; GUS, 2019, obliczenia własne.

W tabeli 4 zestawilem odpowiednie dane pozwalające ocenić poziom i tendencje zmian płynności finansowej przedsiębiorstw średnich i dużych.

Należności i inwestycje krótkoterminowe (zwłaszcza w postaci środków pieniężnych) stanowią najbardziej płynne składniki aktywów obrotowych. Ich podstawową funkcją jest zapewnienie terminowych i pełnych płatności zobowiązań przedsiębiorstw wobec dostawców, pracowników, instytucji publicznych itp. Z drugiej strony wymienione składniki aktywów angażują środki, które nie mogą być przeznaczone na inne cele. Można by powiedzieć, że każde nadmierne zaangażowanie środków w tych składnikach aktywów prowadzi do obniżenia poziomu produktywności i efektywności gospodarowania.

Jeśli z kolei uznamy, że istotą procesów logistycznych jest integracja i odpowiednia synchronizacja trzech strumieni przepływów, tj. rzeczowych, informacyjnych i pieniężnych — co uzasadniłem we wstępie do tego tekstu — to poziom i tendencje zmian wskaźników płynności kształtują się pod znaczącym wpływem procesów zakupu i sprzedaży. Mają one wyraz pieniężny, ale w znacznym stopniu są kształtowane przez procesy rzeczowe i informacyjne wyróżnionych sfer procesów logistycznych.

Dane w tabeli 4 i obliczone wskaźniki pozwalają na sformułowanie pewnych syntetycznych ocen poziomu płynności przedsiębiorstw.

Wskaźnik płynności -jak to określa GUS — I stopnia, zwany również wskaźnikiem płynności gotówkowej, określa stosunek inwestycji krótkoterminowych do zobowiązań bieżących. W okresie 2015-2017 kształtował się on na stabilnym poziomie ok. 38%, zaś w roku 2018 nastąpiło pewne obniżenie tego wskaźnika. Podobną tendencję wykazuje wskaźnik II stopnia, będący relacją należności i inwestycji krót-

koterminowych do zobowiązań krótkoterminowych.

Ponadto można zauważyć, że należności z tytułu dostaw w zasadzie w pełni pokrywają zobowiązania z tytułu dostaw. Jednak płynne aktywa obrotowe powinny w pełni wystarczyć nie tylko na pokrycie zobowiązań z tytułu dostaw, lecz także zobowiązań np. z tytułu podatków, ubezpieczeń społecznych, wynagrodzeń, spłaty kredytów itp. I tak w 2018 r. udział należności z tytułu dostaw w ogólnej kwocie należności wynosił 82%, zaś udział zobowiązań z tytułu dostaw w ogólnej kwocie zobowiązań — 51%.

Już wcześniej stwierdziłem, że tempo wzrostu aktywów obrotowych, w tym także należności i środków pieniężnych w okresie ostatnich 3 lat, było znacznie wyższe od tempa wzrostu przychodów ze sprzedaży. Proces ten prowadzi do pogorszenia produktywności aktywów. Angażuje coraz więcej środków dla uzyskania pożądanej przez przedsiębiorstwa wielkości przychodów. Powstaje więc pytanie, czy poziom płynności i tendencje jego zmian mogą być uznane za racjonalne.

Tak w teorii, jak i w praktyce gospodarczej są przywoływane wzorcowe, normatywne wskaźniki płynności finansowej. Na przykład wskazuje się, że wskaźniki płynności powinny zawierać się w następujących przedziałach:

- wskaźnik gotówkowy (według GUS — I stopnia) powinien zawierać się w przedziale 20-25% w relacji do zobowiązań krótkoterminowych;
- wskaźnik szybki (według GUS — II stopnia) jest racjonalny, jeśli kształtuje się w granicach 80-100% w relacji do zobowiązań krótkoterminowych;
- wskaźnik bieżący (według GUS — III stopnia) jako stosunek aktywów obrotowych do zobowiązań bieżących uznaje się za racjonalny, jeśli nie przekracza 150% zobowiązań bieżących.

Są to wskaźniki raczej orientacyjne, a nie wzorcowe. W każdym przedsiębiorstwie poziom płynności kształtowany jest przez jego warunki funkcjonowania: przedmiot działalności i jego skalę, miejsce na rynku, liczbę dostawców i odbiorców itp.

Chcę także podkreślić istotne zróżnicowanie poziomu płynności w poszczególnych przedsiębiorstwach, a także działach i branżach działalności gospodarczej. Przedstawione wyżej wskaźniki płynności jako przeciętne dla sektora przedsiębiorstw średnich i dużych kształtują się na wysokim poziomie z tendencją ich wzrostu, co — jak oceniłem wyżej — jest procesem negatywnym z punktu widzenia racjonalności gospodarowania.

Należy ponadto mocno zaakcentować, że utrata płynności finansowej przez przedsiębiorstwa i jej utrzymanie przez dłuższy okres prowadzi w większości przypadków do upadłości. W ostatnich latach mimo wysokich sumarycznych wskaźników płynności finansowej nasiliły się zjawiska upadłości przedsiębiorstw, które zwykle miały swój początek w utracie tej płynności.

Jeszcze jedna, wydaje się, zasadna konkluzja. Zachowanie płynności finansowej przedsiębiorstwa to nie tylko funkcja jego służb finansowych, lecz także rezultat całokształtu działania wszystkich ogniw i służb przedsiębiorstwa, w tym zakupu, sprzedaży i logistyki. Sprawność procesów logistycznych, synchronizacja terminów dostaw z potrzebami, skuteczne sterowanie coraz bardziej złożonymi łańcuchami dostaw mają także pozytywny wpływ na poziom i strukturę aktywów obrotowych, a także utrwalenie wymaganego w konkretnych warunkach poziomu płynności finansowej.

Konkluzje końcowe

W tekście główną uwagę skoncentrowałem na przedstawieniu podstawowych wielkości aktywów obrotowych przedsiębiorstw; ich poziomu, struktury, dynamiki zmian. Jednocześnie starałem się wskazać na powiązania i wzajemne uwarunkowania, zwłaszcza struktury aktywów obrotowych i procesów logistycznych przedsiębiorstw. Istotą procesów logistycznych jest integralne funkcjonowanie trzech podstawowych strumieni przepływu: produktów, informacji i pieniądza, zwłaszcza między wyodrębnionymi podmiotami gospodarującymi — przedsiębiorstwami. Niżej przedstawiam konkluzje końcowe wynikające z artykułu.

1. Aktywa obrotowe stanowią podstawowy składnik majątku przedsiębiorstw. W latach 2015-2018 miał miejsce ich wzrost znacznie wyprzedzający tempo wzrostu przychodów. W tym okresie aktywa zwiększyły się o 27%, zaś przychody o 21%. Oznacza to

dotatkowe zaangażowanie środków rzeczowych i pieniężnych w tych aktywach i prowadzi do pogorszenia ich produktywności. Dodatkowo zaangażowanie środków to w 2018 r. kwota 53 mld zł. Mogły być one wykorzystane na inne cele, zwłaszcza rozwojowe, a więc na finansowanie inwestycji w środki trwałe.

2. Poszczególne grupy aktywów — zapasy, należności krótkoterminowe, tzw. inwestycje krótkoterminowe (podstawowym ich składnikiem są środki pieniężne) — spełniają odmienne funkcje, wykazują zróżnicowany związek z procesami logistycznymi.
3. Zapasy rzeczowe wykazują najwyższą dynamikę, gdyż w okresie 3 lat nastąpił ich wzrost o 32% przy zwiększeniu przychodu ze sprzedaży o 21%. Tak znaczący wzrost zapasochłonności procesów gospodarczych ma wiele negatywnych skutków.
4. Zapasy są składnikiem podziału Produktu Krajowego Brutto. Ich wzrost oznacza odkładanie w zapasach nowo wytworzonej wartości. W okresie ostatnich 3 lat przyrost PKB wyniósł 318 mld zł, z czego 72 mld zł odłożyło się w przyroście zapasów tylko w przedsiębiorstwach średnich i dużych, tj. 23% przyrostu PKB. Jeśli doliczymy przedsiębiorstwa małe, w tym mikro, przyrost zapasów angażuje ok. 30% przyrostu PKB. Mimo wzrostu PKB w okresie 3 lat o 18% inwestycje w 2018 r. są tylko nieco wyższe niż w roku 2015.
5. Utrzymanie zapasów powoduje koszty ich utrzymania, tj. magazynowania, ochrony, finansowania, starzenia fizycznego i moralnego. Osłabiają one efektywność procesów gospodarczych. Koszty zapasów stanowią ok. 8-10% ich przeciętnej wartości, czyli w 2018 r. można je szacować na ok. 30 mld zł.
6. Zapasy mają najbardziej bezpośredni związek z procesami logistycznymi. Sprawność tych procesów, synchronizacja terminów dostaw z potrzebami odbiorców, to istotne czynniki kształtowania zapasów. Obecnie w warunkach globalizacji występują procesy wydłużające łańcuchy dostaw, co także ma wpływ na zapasy.
7. Zapasy są koncentrowane w trzech podstawowych działach gospodarki, tj. w przemyśle, handlu i budownictwie. Na koniec 2018 r. 96% zapasów było skoncentrowanych w tych działach. Wysoka dynamika wzrostu zapasów ma miejsce zwłaszcza w handlu — w okresie 3 lat przyrost zapasów wyniósł 37%.
8. Struktura zapasów jest złożona. Występują one w sferze produkcji w postaci zapasów materiałów i produkcji niezakończonych oraz w sferze obrotu, szeroko rozumianych procesów dystrybucji, gdzie występują zapasy produktów gotowych i towarów. Na tę sferę przypada 54% całości zapasów. Zarówno zapasy materiałów, jak i towarów oraz wyrobów gotowych są kształtowane w znacznym stopniu przez procesy logistyczne sfery zakupów oraz dystrybucji.

9. Aktywa obrotowe w postaci należności krótkoterminowych i środków pieniężnych kształtują istotny przejaw sytuacji finansowej przedsiębiorstw, jakim jest płynność finansowa, czyli zdolność przedsiębiorstwa do terminowego regulowania zobowiązań wobec dostawców, pracowników, instytucji publicznych i in. W sektorze przedsiębiorstw średnich i dużych jako całości wskaźniki płynności w ostatnich latach kształtują się na wysokim poziomie. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że wiele przedsiębiorstw ma istotne trudności z utrzymaniem płynności. Nasilenie w ostatnich latach procesów upadłości miało zwykle swój początek w utracie płynności finansowej.
10. Należy wskazać, że należności i zobowiązania z tytułu dostaw są kształtowane także pod znaczącym wpływem procesów zakupu i sprzedaży, a więc także procesów logistycznych. Oczywiście trudno jest ustalić w sposób wymierny wpływ tych procesów na poziom należności i zobowiązań z tytułu dostaw. Jakościowa zaś ocena warunków i terminów płatności za dostawy w sposób wyraźny wskazuje, że płynność finansowa przedsiębiorstw kształtowana jest przez całokształt ich procesów gospodarczych. Wyraz finansowy wskaźników płynności jest tylko sumaryczną miarą jej poziomu.
11. Z danych przytoczonych w tabeli 1 wynika, że wskaźnik rotacji należności krótkoterminowych

w przedsiębiorstwach wynosi ponad 50 dni. Oznacza to, że dostawca produktów, towarów bądź usług za ich sprzedaż pieniądze otrzymuje po 50 dniach od momentu sprzedaży. Podejmowane przedsięwzięcia skrócenia terminów spływu należności jak dotychczas nie przyniosły spodziewanych pozytywnych rezultatów.

W artykule przedstawiłem podstawowe dane, wskaźniki i oceny kształtowania aktywów obrotowych w ostatnich kilku latach. Wskazują one wyraźnie na negatywne zjawiska i procesy wysokiej dynamiki aktywów, w tym zwłaszcza zapasów, wyprzedzające wskaźniki wzrostu przychodów przedsiębiorstw ze sprzedaży. Prowadzi to do pogorszenia produktywności, obniżenia efektywności gospodarowania. Wskazałem także na związek aktywów obrotowych z funkcjonowaniem procesów logistycznych. Relacje i wzajemne uwarunkowania są złożone, nie poddają się wymiernym ocenom. Powstaje zasadnicze pytanie, czy te negatywne zjawiska i procesy mogą być zahamowane, a tendencje odwrócone i zmienione na pozytywne. Wymaga to kompleksowych działań w przedsiębiorstwach, a także w skali makroekonomicznej, przy aktywnej roli regulacyjnej organów państwa. Problem godny jest oddzielnego potraktowania.

Bibliografia

- Skowronek, Cz., Saryusz-Wolski, Z. (2012). *Logistyka w przedsiębiorstwie*. Warszawa: PWE.
GUS. (2017). *Biuletyn Statystyczny GUS*, (2).
GUS. (2019). *Biuletyn Statystyczny GUS*, (2).

Gospodarka Materiałowa i Logistyka



www.gmil.pl

tel. 795 155 583

00-252 Warszawa

ul. Podwale 17

dr hab. inż. Bożena Gajdzik, prof. PŚ

E-mail: bozena.gajdzik@polsl.pl; nr ORCID: 0000-0002-0408-1691

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii

Predyktywne i inteligentne utrzymanie urządzeń w Przemysle 4.0 — maszyny wzmocnione o dane. Historia zmian w UR na przykładzie krajowego sektora stalowego

*Predicative and intelligent maintenance in Industry 4.0
— machines enhanced with data. The history of changes
in maintenance in Polish steel industry*

Od kilku już lat wzrasta zainteresowanie Przemysłem 4.0 (Industry 4.0 — I 4.0), który rozwija się na poziomie czwartej rewolucji przemysłowej. Zmiany następują we wszystkich obszarach funkcjonowania przedsiębiorstw oraz w ich otoczeniu. Są to bardzo dynamiczne zmiany o wieloaspektowym charakterze, dlatego rewolucyjne. Przekształceniom ulega wiele systemów gospodarczych i społecznych. Zmiany mają miejsce w systemach produkcji (cyberfizyczne rozwiązania), konsumpcji, transporcie i dostawach. Nowe technologie rozbudowane o możliwości cyfrowe znacznie zwiększają wartość produktów. Wykorzystywanie możliwości cyfrowych w połączeniu z różnymi technologiami prowadzi do nowych modeli biznesowych. Zmiany dokonujące się w czwartej rewolucji przemysłowej są również zmianami w obszarze utrzymania ruchu (UR). Maszyny wyposażone w czujniki i monitorowane za pomocą algorytmów tworzą nowe możliwości dla produktywności urządzeń. W Przemysle 4.0 proces konserwacji urządzeń jest proaktywny i polega (ogólnie ujmując) na tym, że to urządzenia informują użytkowników o ich działaniach oraz o sytuacjach przekraczających dopuszczalne (normalne) ramy ich użytkowania. Urządzenia są nawet w stanie poinstruować ekipę remontową (naprawczą), co ma robić, aby urządzenie uzyskało poprzednią sprawność. W niniejszej publikacji przedstawiono ogólne ramy zmian w zakresie UR w Przemysle 4.0 wraz z przykładem zmian w krajowym sektorze stalowym. Część teoretyczna pracy powstała na podstawie studium literatury, a część praktyczna jest formą typu *case study* o charakterze historycznym i ukazuje zmiany w UR w sektorze stalowym w kraju.

Słowa kluczowe:

przemysł 4.0, predyktywne UR, inteligentne UR, przemysł stalowy

For several years, Industry 4.0 (I 4.0) has been developing at the level of the fourth industrial revolution. Changes take place in all areas of business operations and in their environment. These are very dynamic and revolutionary changes. Many economic and social systems are transformed. Changes take place in production systems (cyber physical solutions), in consumption, transport and deliveries. New technologies expanded with digital capabilities significantly increase the value of products. The use of digital capabilities combined with new technologies leads to new business models. The changes taking place in the fourth industrial revolution are also changes in the area of maintenance. Machines equipped with sensors and monitored by algorithms create new possibilities for productivity. In Industry 4.0, the maintenance process is proactive and consists (generally speaking) that the machines inform users about their activities and about situations exceeding the acceptable (normal) use frames. The machines are even able to instruct the repair (repair) team what to do to ensure that the machine achieves its previous efficiency. This publication presents a general framework for changes in maintenance in Industry 4.0 with an example of changes in the domestic (Polish) steel sector. The theoretical part of the work (paper) was based on a study of literature, and the practical part is a case study with historical character because shows changes in maintenance in the steel sector in Poland.

Key words:

industry 4.0, predictive maintenance, intelligent maintenance, steel industry

Wprowadzenie

Historyczne etapy wytwarzania, od produkcji rzemieślniczej po produkcję zrobotyzowaną, następowały dotychczas ewolucyjnie, przez udoskonalenie narzędzi i metod. Przemysł 4.0 charakteryzuje się ogromnym zakresem zmian dokonujących się w różnych obszarach funkcjonowania gospodarek i społeczeństw. Istotą Przemysłu 4.0 jest integracja inteligentnych maszyn w systemach produkcyjnych, mających na celu zwiększanie wydajności wytwarzania wyrobów. Przemysł 4.0 tworzą cyberfizyczne systemy produkcji (Cyber-Physical Production Systems — CPPS) z maszynami wzmocnionymi o dane, co zmienia dotychczasowy obraz utrzymania ruchu (UR).

W ciągu ostatnich kilku lat wiele przedsiębiorstw podejmowało działania na rzecz poprawy wydajności funkcjonowania parku maszynowego, eliminując straty z tytułu niewłaściwej organizacji pracy maszyn i urządzeń (niepożądane przestoje) i podejmując działania prewencyjne (zapobieganie awariom urządzeń). Przedsiębiorstwa przeszły drogę od tradycyjnego utrzymania ruchu, polegającego na wykonywaniu remontów urządzeń w celu przywrócenia im sprawności, poprzez Total Productive Maintenance (TPM), czyli kompleksowe działania w zakresie podniesienia wydajności pracy urządzeń i prewencyjne zarządzanie utrzymaniem ruchu. W Przemysle 4.0 operatorzy mają „słuchać tego, co podpowiadają maszyny” i pomagać im sprawnie funkcjonować. W perspektywach rozwoju Przemysłu 4.0 przewiduje się nawet samoreperowanie się urządzeń (Schwab, 2018, s. 77; Rübmann i in., 2015).

Tworzenie inteligentnego parku maszynowego wymaga czasu i nakładów finansowych. Dotychczasowe urządzenia na liniach produkcyjnych trzeba zastąpić nowymi i radykalnie zreorganizować przebieg produkcji. W Przemysle 4.0 odchodzi się od liniowej struktury produkcji sterowanej procesowo na rzecz struktury rozproszonej i monitorowanej modułowo. Jednym z modułów wsparcia produkcji jest UR, które dzięki danym i ich analizie zmieni się z konserwacji urządzeń w proaktywne (predykcyjne i inteligentne) sterowanie parkiem maszynowym. W module UR na poziomie I 4.0 nie chodzi o znajdowanie konkretnych wad urządzeń, lecz o wykorzystywanie punktów odniesienia (na podstawie informacji z czujników urządzeń) do uzyskiwania maksymalnej ich użyteczności (z udziałem lub bez udziału użytkownika urządzeń) (Susto i in., 2015, s. 812–820). Tworzenie nowych ram dla UR w Przemysle 4.0 zostało już zainicjowane między innymi w przemyśle samochodowym, energetyce, lotnictwie.

Niniejszy artykuł jest próbą pokazania etapów zmian związanych z przejściem od tradycyjnego etapu konserwacji urządzeń — „gasząc pożary” (Breakdown Maintenance), poprzez automatyzację i robo-

tyzację produkcji przemysłowej, charakteryzującej się liniową strukturą wytwarzania z działami autonomicznego (operacyjnego) UR (Autonomus Maintenance — AM) i profesjonalnymi służbami UR (Professional Maintenance — PM), do etapu predyktywnego i inteligentnego UR (Predictive/dynamic/Maintenance — PdM with Smart Maintenance) na poziomie I 4.0 z modułowymi rozwiązaniami.

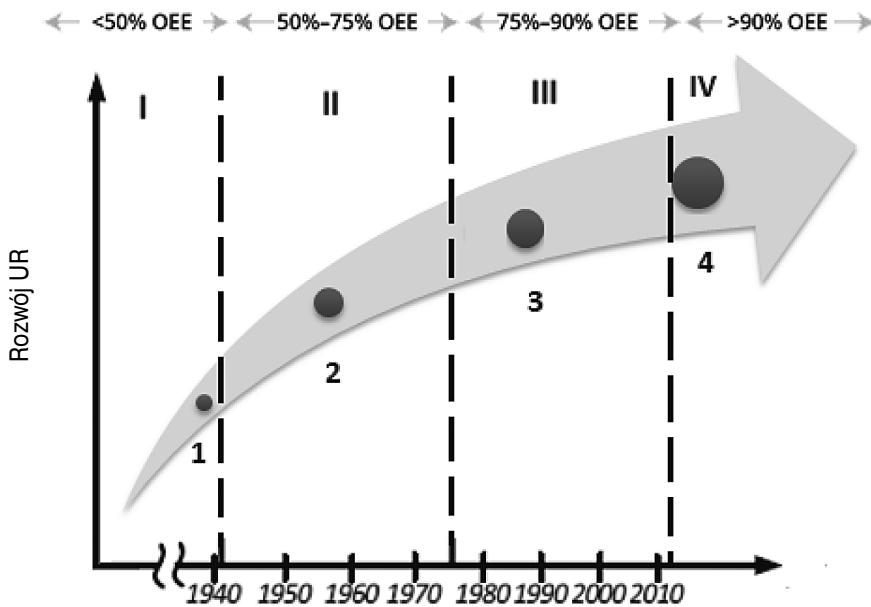
Historia UR

Na przestrzeni lat wraz z rozwojem metod organizacji i zarządzania przedsiębiorstwami zmieniały się metody konserwacji maszyn. Były to zmiany o charakterze ewolucyjnym — od reagowania służb remontowych na zaistniałe awarie urządzeń, przez planowanie prac remontowych, gromadzenie informacji z urządzeń, aż po zmiany rewolucyjne, jakimi będą działania naprawcze samych urządzeń (tryb samonaprawiania/samoreperowania). W I 4.0 powstanie nowa jakość parku maszynowego, określanego jako inteligentny (Intelligent Machine). Wraz z rozwojem UR realizowane były w przedsiębiorstwach następujące strategie: strategia pracy do uszkodzenia (Run to Failure — RTF); strategia według niezawodności (Reliability Centered Maintenance — RCM); strategia planowo-zapobiegawcza w utrzymaniu ruchu maszyn (Planned and Prevention Strategy) (Legutko, 2009, s. 8–16; Velmurugan, Dhingra, 2015, s. 1622–1661); strategia zarządzania oparta na warunkach pracy urządzeń (Condition Based Management — CBM); kompleksowa strategia podnoszenia produktywności urządzeń (Total Productive Maintenance — TPM) z poziomami: autonomicznym (Autonomous Maintenance) i profesjonalnym (Professional Maintenance), czyli poziomami: operatorów urządzeń i wyspecjalizowanych służb UR w przedsiębiorstwie lub poza nim (outsourcing UR) (Elliot, Hill, 1999); nowa strategia predykcyjna (Predictive Strategy) w I 4.0. Poszczególne strategie pojawiały się na etapie reakcyjnej konserwacji urządzeń, prewencyjnego i predykcyjnego UR.

Poszczególne strategie UR można przedstawić na osi czasu. W drugiej połowie ubiegłego wieku i w latach wcześniejszych realizowane były strategie reaktywnego i prewencyjnego UR. Rozwój strategii prewencyjnych UR przypada na koniec ubiegłego wieku. Cechowały je między innymi: monitorowanie stanu technicznego urządzeń i poziomu ich wydajności, udział operatorów urządzeń w dbałości o nie, przeglądy stanu urządzeń i inspekcje zapobiegawcze, planowanie inwestycji technologicznych. Pojawiały się również nowe narzędzia dbałości o miejsce pracy, np. 5S. Według S. Nakajimy (1988) utrzymanie ruchu maszyn i urządzeń to zapewnienie im właściwej

Rysunek 1

Cztery okresy rozwoju UR (I–IV) i cztery sposoby UR (1–4)



Legenda: I), 1) — reaktywne utrzymanie ruchu; II), 2) — prewencyjne utrzymanie ruchu; III), 3) — prognostyczne (proaktywne) utrzymanie ruchu, IV (4) — predykcyjne i inteligentne UR

Źródło: oprac. na podst. Legutko, 2009, s. 8–16; Werner, 1998, Jasiulewicz-Kaczmarek, 2005, s. 127–134; Piersiala, Trzcieliński, 2005, s. 114–126; Wang 2016, s. 260–268; Patel, 2018.

„kondycji zdrowotnej”. Wraz z czwartą rewolucją przemysłową i popularyzacją koncepcji Przemysłu 4.0 (XXI wiek) cykl rozwoju UR wydłuża się o predykcyjne działania. Cyberfizyczne systemy produkcji (Cyber Physical Production Systems — CPPS), Internet Rzeczy (Internet of Things — IoT), Internet Usług (Internet of Services — IoS) (Hermann, Pentek, Otto, 2015), ogromne zbiory danych (Big Data and Data Mining — DM) (Wang, 2013, s. 62–74) pozwalają na utworzenie nowej jakości UR określanej jako inteligentna (Intelligent Predictive Maintenance — IpdM lub Smart Predictive Maintenance). Do trzech faz trendów rozwoju UR (Legutko, 2009) można dodać fazę czwartą (IV), charakterystyczną dla I 4.0 (rys. 1).

Przedstawiona na rys. 1 faza IV i sposób 4, czyli predykcyjne i inteligentne UR, wchłania dotychczasowe strategie UR i systemy zarządzania urządzeniami (Preventative Maintenance — PM, Condition Based Monitoring — CBM, Efficiency Centered Maintenance — ECM, Risk Based Maintenance — RBM, Total Productive Maintenance — TPM, Computerized Maintenance Management System — CMMS, Reliability Centered Maintenance — RCM, Outsourcing Maintenance, Strategic Maintenance Management — SMM) (Garg, Deshmukh, 2006; Cheshworth, 2018), eliminując koncepcję reaktywnego UR, która sporadycznie pojawia się w odniesieniu do parku maszynowego o małym znaczeniu dla przed-

siębiorstwa, oraz wprowadzając nowe algorytmy funkcjonowania urządzeń w kierunku ich samouczenia i samoreperowania (Garg, 2006, s. 205; Cheshworth, 2018). Rozwój UR ma przyczynić się do poprawy wydajności parku maszynowego. Uwzględniając zmiany na poziomie wskaźnika Całkowitej Efektywności Wyposażenia (Overall Equipment Effectiveness — OEE), będącego iloczynem trzech składowych: dostępności, wydajności i jakości — Smart UR ma zwiększyć jego wartość (rys. 1).

Utrzymanie ruchu w Przemysle 4.0

Przemysł 4.0 to termin obejmujący szeroką gamę zmian w technologii wytwarzania. Urządzenia wyposażone są w czujniki sieciowe, które tworzą Internet Rzeczy, a w szczególności Przemysłowy Internet Rzeczy (Gubbi i in., 2017). Przedsiębiorstwa mają dostęp do dużych zbiorów danych i zaawansowanych analiz. Przemysł 4.0 stworzył nowe warunki do predykcyjnej konserwacji (Predictive Maintenance, stosowane skróty: PM, PdM lub DPM — Dynamic Predictive Maintenance). W przestrzeni produkcyjnej technologia IoT jest kluczowym czynnikiem umożliwiającym konserwację predykcyjną. Dzięki zastosowaniu czujników IoT ożywają inteligentne fabryki z połączonymi maszynami, które mogą komunikować

się ze sobą i z ludźmi, a przede wszystkim podejmować działania zapobiegawcze (z minimalnym udziałem operatorów), aż po samonaprawcze. Nowoczesna zaawansowana technologia może wykrywać zmiany i usterki urządzeń, których operator nie jest w stanie zauważyć (Almada-Lobo, 2016). Zamiast rozwiązywać problem po jego zakończeniu, konserwacja predykcyjna powiadomi system z wyprzedzeniem. W Przemysle 4.0 użytkownicy maszyn (operatorzy) korzystają z Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT), aby zarządzać maszynami (SMM). To podejście polega na nadzorowaniu pracy urządzeń i śledzeniu procesu monitorowania poszczególnych ich parametrów (MP Intelligence). Systemy MP umożliwiają podjęcie czynności prewencyjnych w fazie pogorszenia się parametrów pracy maszyn lub procesów, w celu zapobiegania groźnym w skutkach awariom i związanych z nimi przestojom. Śledzenie pracy maszyn jest możliwe dzięki czujnikom i sensorom, które dostarczają danych o pracy urządzeń. K. Schwab (2018, s. 77) określa ten etap zmian jako maszyny wyposażone w dane. Dane uzyskiwane z urządzeń tworzą bazę do dynamicznego i predykcyjnego utrzymania ruchu, które opiera się na modelowaniu i symulacji. Działania te zapewniają odpowiednią optymalizację prewencyjnego programu utrzymania ruchu i dostosowanie do wymaganych wskaźników (Lee, Kao, Yang, 2014, s. 3–8). Układy cyberfizyczne stosowane w konserwacji urządzeń łączą dane z technologii operacyjnych (OT) z możliwościami komunikowania się dzięki technologii IT. Po połączeniu zasobów w sieć (IIoT) można wyświetlić integralność wszystkich zasobów w jednym zarządzanym pulpicie nawigacyjnym. IIoT generuje o wiele więcej punktów danych niż pojedyncze komputery. Łącząc dane sieciowe OT, specjaliści ds. konserwacji mogą znaleźć wzorce między awariami maszyny i użyć platformy uczenia maszynowego, która może zoptymalizować lub ulepszyć algorytmy ich funkcjonowania. Stosując IIoT, operatorzy są informowani o stanie i osiągniętych parametrach wydajności urządzeń w czasie rzeczywistym (Gubbi i in. 2013). Ciągły dostęp do danych umożliwia im przewidywanie awarii maszyn. Jednocześnie dzięki wbudowanym modułom technicznym urządzenia są w stanie samodzielnie dokonywać optymalizacji parametrów, wydłużając tym samym ich czas eksploatacji i poprawiają efektywność pracy i zużycia zasobów, np. energii jako źródła zasilania. W Smart UR realizowana jest automatyzacja niektórych zadań związanych z konserwacją urządzeń. SPdM wykorzystuje technologie przetwarzania danych kognitywnych, co oznacza, że jeśli wykryty zostanie wrodzony błąd w zasobach, inteligentna konserwacja predykcyjna uruchomi zlecenie konserwacji, a nawet sprawdzi zapas części zamiennych potrzebny do zastąpienia wadliwego komponentu nowym (Wang, 2016, s. 260–268). Jeśli odpowiednia część nie istnieje, SPdM może utworzyć zgłoszenie

zapotrzebowania na nowym element. Rola operatora urządzenia będzie ograniczała się wówczas do zatwierdzenia zamówienia. SPdM (lub SPM) (Durmus, 2019):

- monitoruje sieć zasobów połączonych za pośrednictwem Internetu przedmiotów (IoT),
- automatyzuje niektóre zadania konserwacyjne,
- integruje system pracy urządzeń z innymi systemami zarządzania, np. z systemem zamówienia.

Do podstawowych narzędzi wykorzystywanych w Smart UR należą:

- monitorowanie wydajności pracy urządzeń oraz jej parametrów,
- testy nieingerujące,
- obserwacja wzrokowa,
- wautomatyczne monitorowanie stanów,
- informatyczne systemy wspomagające.

Struktura inteligentnych systemów przewidywania konserwacji obejmuje podsystemy (Wang, 2016, s. 260–268):

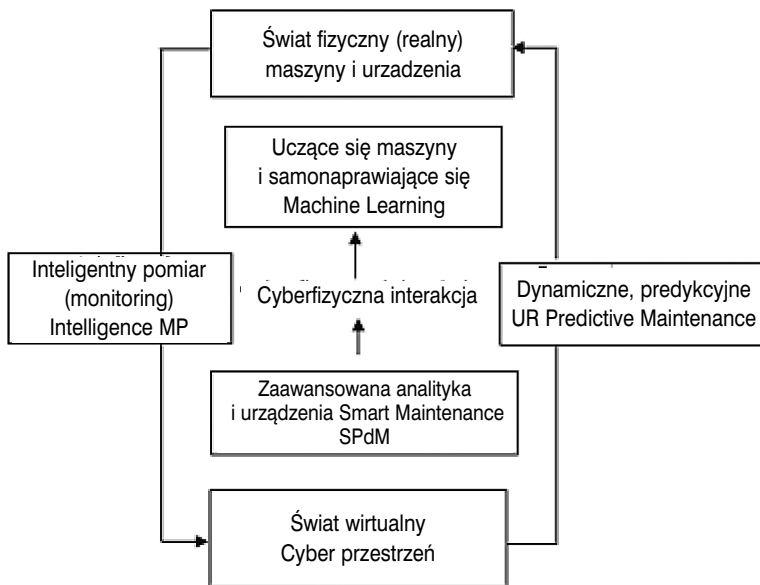
- konserwacji predykcyjnej opartej na statystyce (Statistical-based predictive maintenance lub Statistical Based Maintenance — SBM),
- konserwacji predykcyjnej opartej na warunkach pracy urządzeń (Condition-based predictive Maintenance or Condition-based Maintenance — CBM).

Statystyczna konserwacja predykcyjna korzysta z danych empirycznych urządzeń/awarii, a jej rezultatem są modele przewidywania awarii. Natomiast podsystem konserwacji warunkowej gromadzi dane uzyskiwane w sposób ciągły lub okresowy o warunkach pracy urządzeń i służy do podejmowania decyzji konserwacyjnych. Połączone podsystemy automatycznie sprawdzają i pobierają wzorce usunięcia usterki za pośrednictwem systemów Data Mining i IIoT oraz IoS (Wang, Wang, 2012; Wang, 2013). W publikacji *The Future of Maintenance*, przygotowanej przez Infosys (Patel, 2018), pojawia się sugestia, że podejście bazujące na danych pozwoli przemieścić utrzymanie ruchu na wyższy poziom i że niedługo oferowanie konserwacji przez IoS jako usługi stanie się normą. To podejście pozwoli na monitorowanie i zdalne naprawianie maszyn, a nawet potencjalnie na ich samoreperowanie się. Części zamienne do urządzeń są między innymi drukowane przez drukarki 3D na miejscu (na żądanie systemu UR). Na rys. 2 przedstawiono schemat systemu konserwacji urządzeń na poziomie I 4.0.

Nowoczesne UR jest zintegrowaną formą dotychczasowych strategii i systemów wspomagających stosowanych w konserwacji urządzeń. Aby zautomatyzować określone zadania, platforma konserwacji predykcyjnej powinna zostać włączona do systemu CMMS, ERP lub Manufacturing Execution System (MES). Stosowane systemy informatyczno-komputerowe w przedsiębiorstwach już dostarczają dużej liczby danych z maszyn tworzących linie i gniazda pro-

Rysunek 2

Rozwinięta forma UR na poziomie I. 4.0

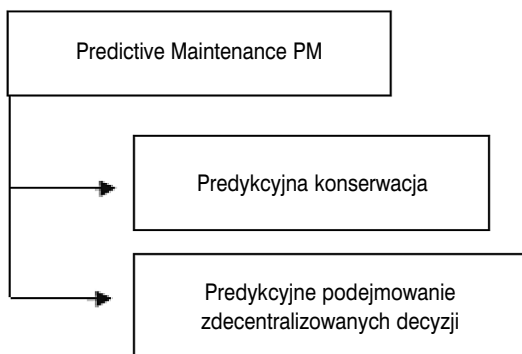


Źródło: oprac. własne na podstawie Patel, 2018; Wang, 2016.

dukcyjne. Te dane mogą być używane w czasie rzeczywistym i następnie zarchiwizowane. Eksploracja danych i różne metody zastosowane do ich analizy umożliwiają zbudowanie podstaw do predykcyjnego UR. Komputery typu tablet i poręczne wyświetlacze mogą zapewnić operatorom urządzeń natychmiastowy dostęp do krytycznych informacji podczas ich pracy (Chesworth, 2018; Wang, 2016, s. 260–268). W systemach UR integrowane są informacje otrzymywane z przedsiębiorstwa, np. z harmonogramów produkcji z informacjami zewnętrznymi, np. stan części zamiennych u dostawców. Szeroki zbiór informacji tworzy nowy zasób w postaci platformy Maintenance. Dwoma kluczowymi podsystemami predykcyjnego UR są (rys. 3) (Chesworth, 2018; Wang, 2016, s. 260–268):

Rysunek 3

Składowe PM w I 4.0



Źródło: oprac. na podstawie Chesworth, 2018; Wang, 2016.

- 1) predykcyjna pomoc techniczna — konserwacja predykcyjna,
- 2) zdecentralizowane podejmowanie decyzji — predykcyjne decyzje.

Konserwacja predykcyjna poprawia wsparcie techniczne, wychytując błędy, których nie widzą ludzie. Nie tylko eliminuje to przestoje maszyny, ale zwiększa bezpieczeństwo wszystkich osób korzystających z urządzenia. Natomiast predykcyjne decyzje konserwacyjne opierają się wyłącznie na danych, opracowanych algorytmach i modelach. Decyzje takie zmniejszają ryzyko błędów ludzkich (ryzyko decyzyjne) (Lee i in., 2015).

W systemie PM rola operatora urządzeń zostaje ograniczona do niezbędnego minimum. W tabeli 1 zestawiono dwa pola systemu PM: maszyny i ludzie, wskazując podstawowy zakres ich działań.

Doskonalenie UR w krajowym sektorze stalowym

Za studium przypadku posłużył krajowy przemysł hutniczy, który po transformacji systemu gospodarczego przystąpił do radykalnych zmian w organizacji produkcji i zarządzaniu przedsiębiorstwami. Doświadczenie wypracowane przez różne przedsiębiorstwa hutnicze pozwoliło autorce na zbudowanie cyklu rozwoju UR w sektorze stalowym (rys. 4).

Faza I utrzymania ruchu (określana jako reakcyjna) była podstawowa w konserwacji urządzeń pod koniec ubiegłego wieku. Maszyny naprawiano sto-

Tabela 1

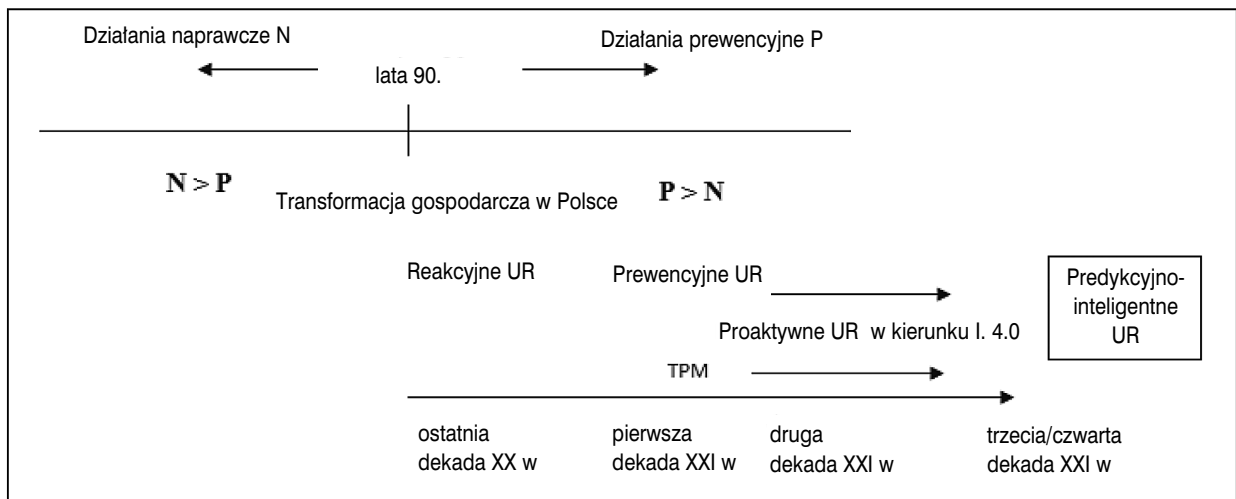
PM w układzie pól: Maszyna–Człowiek

Urządzenia — Smart and Predictive Maintenance	Operator — User of Maintenance
<ul style="list-style-type: none"> ■ pomiar i monitoring stanu urządzeń ■ kontrola parametrów pracy urządzeń ■ digitalizacja UR ■ optymalizacja pracy urządzeń ■ kontrola jakości pracy urządzeń ■ konfiguracja pracy urządzeń ■ modelowanie pracy urządzeń ■ optymalizowanie zasobów, z których korzystają urządzenia ■ wykrywanie nieprawidłowości pracy urządzeń ■ przewidywanie awarii urządzeń ■ zapobieganie nieprawidłowościom w pracy urządzeń 	<ul style="list-style-type: none"> ■ działania z obszaru UR, które nie są realizowane przez urządzenia ■ obserwacja pracy urządzeń ■ kontrola parametrów pracy urządzeń i stosowanych algorytmów oraz modeli ■ analityka danych i ich wykorzystanie do budowania nowych algorytmów pracy urządzeń i modeli predykcyjnych awarii ■ potwierdzanie realizacji zleceń naprawczych (samoreperacyjnych urządzeń)

Źródło: oprac. własne na podstawie Lee, Kao, Yang, 2014, s. 3–8.

Rysunek 4

Rozwój UR w krajowym sektorze stalowym po transformacji systemu gospodarczego



Źródło: oprac. własne.

sunkowo często ze względu na ich wysoką awaryjność. Remonty kluczowych urządzeń wymagały wyłączenia procesu produkcyjnego. Przedsiębiorstwa hutnicze w pierwszych latach po transformacji systemu gospodarczego (lata 90.) borykały się z wieloma problemami UR: brakowało części zamiennych, huty były zadłużone i brakowało środków na naprawy i konserwację sprzętu, a wiele urządzeń miało wysoki wskaźnik amortyzacji (Gajdzik, 2014b, s. 27–32, Gajdzik, 2014c, s. 28–30). W okresie restrukturyzacji sektora w Polsce (w latach 90. ubiegłego wieku i późniejszych), reakcyjne UR było kontynuowane. Korzystnym działaniem dla krajowego sektora stalowego był outsourcing UR. Wydziały remontowe i służby utrzymania ruchu znajdowały się w spółkach zależnych lub

niezależnych. Proces outsourcingu UR spowodował, że liczba usług UR została dostosowana do potrzeb rynku zleceniobiorców usług (Foltys, 2007). Wraz z outsourcingiem w strukturach wewnętrznych hut spadała liczba wydziałów remontowych, a na halach pojawiły się służby utrzymania ruchu. Struktura UR to komórki organizacyjne utrzymania ruchu na wydziałach produkcyjnych i zespół (zespoły) kierujący pracami służb UR na poziomie strategicznym przedsiębiorstw (Gajdzik, 2014a, s. 269–272).

Dośkonale funkcjonowanie służb UR wkroczyło do przedsiębiorstw hutniczych wraz z przejmowaniem największych hut w kraju przez zagraniczne grupy kapitałowe (pierwsza dekada obecnego wieku). Rozpoczęło się ekonomicznie uzasadnione pla-

nowanie UR. Nowi właściciele hut dokonywali rzetelnej inwentaryzacji maszyn i oceny ich stanu faktycznego. W tym okresie znacznie wzrosły wydatki hut na inwestycje technologiczne (Gajdzik, 2012). Planowanie UR realizowane jest na poziomach strategicznym i operacyjnym w sposób zintegrowany. Pierwsza dekada XXI w. to etap porządkowania planowania prac UR i wypracowywania nowych form zarządzania UR (w tym także porządkowania miejsc pracy, oznaczania powierzchni hali — strefy poruszania się pracowników) (Gajdzik, 2015b, s. 62–64). Pracownicy uczą się nowych metod organizacji pracy i dbałości o miejsce pracy, np. metody 5S.

W drugą dekadę obecnego wieku największe przedsiębiorstwa hutnicze wkraczają z programami pilotażowymi w poszczególne filary standardów produkcji klasy światowej (World Class Manufacturing — WCM). W ramach WCM realizowany w przedsiębiorstwach jest filar Total Productive Maintenance (TPM), który obejmuje autonomiczne UR (AUR) i profesjonalne UR (PUR) (Gajdzik, 2014a, s. 269–272). Istotą Autonomicznego Utrzymania Ruchu jest włączenie pracowników technologicznych w system ciągłego utrzymania ruchu i odciążenia działu utrzymania ruchu w wykonywaniu prostych czynności, które po krótkim przeszkoleniu mogliby wykonywać operatorzy urządzeń. Poziom PUR zajmuje się prewencją i działaniami specjalistycznymi w zakresie zapobiegania awariom urządzeń we współpracy z firmami zewnętrznymi. UR jest zintegrowane z działem planowania rozwoju technologii w zakresie realizacji strategii wczesnego zarządzania zakupami (Early Equipment Management). Występuje współpraca pomiędzy służbami technologicznymi i służbami utrzymania ruchu w zakresie zwiększenia niezawodności urządzeń. W tym celu park maszynowy jest klasyfikowany w następujący sposób (Kruczek, Zebrucki, 2012, s. 787–797):

- AA — najbardziej krytyczne (około 7% wszystkich urządzeń),
- A — krytyczne (około 25% wszystkich urządzeń),
- B — niekrytyczne (około 60% wszystkich urządzeń),
- C — nieistotne, pomocnicze (około 8% wszystkich urządzeń).

Bibliografia

- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16–21.
- Chesworth, D. (2018). *Industry 4.0 Techniques as a Maintenance Strategy (A Review Paper)*. https://www.researchgate.net/publication/322369285_Industry_4_0_Techniques_as_a_Maintenance_Strategy_A_Review_Paper (16.07.2019).
- Durmus, M. (2019). *Smart predictive maintenance: the key to Industry 4.0*. <https://www.aisoma.de/smart-predictive-maintenance-the-key-to-industry-4-0/> (12.01.2019).
- Elliot, B. R., Hill, G. (1999). Total Productive Maintenance. Is it time to move on? *Logistics Solutions*, 1(3), 25–28.
- Foltys, J. (2007). *Wieloaspektowy model outsourcingu na przykładzie sektora hutnictwa żelaza i stali*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Gajdzik, B. (2012). *Przedsiębiorstwo hutnicze po restrukturyzacji. Dynamika zmian w krajowym sektorze hutniczym w latach 1992–2010*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

Techniką wykorzystywaną w UR są niebieskie i czerwone etykiety. Każda etykieta kategoryzowana jest ze względu na typ anomalii i może być związana z: mechaniką, elektryką, energetyką danego urządzenia oraz może być ściśle związana z aspektem bezpieczeństwa. W przedsiębiorstwach występuje koordynacja prac związanych z UR w wymienionych przedmiotowych obszarach występowania anomalii i służb ich usuwania. Zintegrowany system UR ma zwiększyć przepustowość, wydajność, jakość i bezpieczeństwo obiektu. Jednocześnie ma zmniejszyć koszty konserwacji i zapasów części zamiennych.

W trzecią dekadę obecnego wieku przedsiębiorstwa wchodzi z inicjatywą przystąpienia do I 4.0. Poziom automatyzacji w przedsiębiorstwach hutniczych odpowiada trzeciej rewolucji przemysłowej. Inwestycje w najnowszą technologię przemysłową są ciągle realizowane, a na urządzeniach montowane są czujniki monitoringu parametrów pracy całych ciągów technologicznych. Natomiast na poziomie systemów zarządzania podejmowane są działania w kierunku utworzenia predykcyjnego UR. Porządkowane są dane generowane przez poszczególne urządzenia, aby można je było wykorzystać do predykcyjnej konserwacji. Podstawy (załączki) systemów predykcyjno-inteligentnych w zakresie UR planowane są (prognozowane) na 2030 rok i lata następne.

Podsumowanie

Wraz z popularyzacją I 4.0 wzrasta ranga predykcyjnej i inteligentnej konserwacji, której istotą jest komunikacja między maszynami (M2M) i sztuczna inteligencja, podejmująca decyzje oparte na danych przy minimalnej interwencji człowieka. Konserwacja predykcyjno-inteligentna pozwala na: prognozowanie awarii i zapobieganie im, pełne wykorzystanie części zamiennych, automatyczne wytwarzanie części zamiennych techniką addytywną (druk 3D), poprawę OEE, wyeliminowanie nieplanowanych przestojów, poprawę wydajności i bezpieczeństwa pracy (ograniczenie pracy dla ludzi w warunkach trudnych), uczenie się maszyn, a w perspektywie także ich samoreperowanie się.

- Gajdzik, B. (2014a). Autonomous and professional maintenance in metallurgical enterprises as activities within Total Productive Maintenance. *Metalurgija*, 53(2), 269–272.
- Gajdzik, B. (2014b). Dbalność pracowników o pełną produktywność maszyn i urządzeń — TPM w przedsiębiorstwie produkcyjnym. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (1), 27–32.
- Gajdzik, B. (2014c). Organizacja działań w ramach TPM w przedsiębiorstwach produkcyjnych. *Logistyka*, (3), 28–30.
- Gajdzik, B. (2015a). Reorganizacja służb utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach hutniczych w Polsce. *Hutnik — Wiadomości Hutnicze*, 82(2), 176–182.
- Gajdzik, B. (2015b). Służby utrzymania ruchu w krajowych hutach dawniej i dziś. *Logistyka*, (1), 62–64.
- Garg, A., Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 205–210.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015). *Design principles for industry 4.0 scenarios: A literature review*. Dortmund: Technical University of Dortmund.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2005). Współczesne koncepcje utrzymania ruchu infrastruktury technologicznej przedsiębiorstwa. W: M. Fertsch, S. Trzcieliński (red.). *Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi* (127–134). Poznań: Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.
- Kruczek, M., Żebrucki, Z. (2012). Doskonalenie procesów utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie branży hutniczej. *Logistyka*, (2), 787–797.
- Lee, J., Ardakani, H. D., Yang, S., Bagheri, B. (2015). Industrial Big Data Analytics and Cyber-physical Systems for Future Maintenance & Service Innovation. *Procedia CIRP*, (38), 3–7.
- Lee, J., Kao, H. -A., Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, (16), 3–8.
- Legutko, S. (2009). Trendy rozwoju utrzymania ruchu maszyn i urządzeń. *Eksploatacja i Niezawodność*, (2), 8–16.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Portland: Productivity Press.
- Patel, M. (2018). *The Future of Maintenance. White paper*. Bengaluru: Infosys. <https://www.infosys.com/industries/aerospace-defense/white-papers/Documents/enabled-predictive-maintenance.pdf> (16.07.2019).
- Piersiala, S., Trzcieliński, S. (2005). *Systemy utrzymania ruchu. W: Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi* (114–126). Poznań: Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting. http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf (16.07.2019).
- Schwab, K. (2018). *Czwarta rewolucja przemysłowa*. Warszawa: Studio Emka.
- Susto, G. A., Pampuri, S., Schirru, A., McIoone, S. (2015). Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11(3), 812–820.
- Velmurugan, R. S., Dhingra, T. (2015). Maintenance strategy selection and its impact in maintenance function: A conceptual framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(12), 1622–1661.
- Wang, K. S. (2016). Intelligent Predictive Maintenance (IPdM) system — Industry 4.0 scenario. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, (113), 260–268.
- Wang, K. S. (2013). Towards zero-defect manufacturing (ZDM) — A data mining approach. *Advances in Manufacturing*, (1), 62–74.
- Wang, K. S., Wang, Y. (2012). Towards a next generation of manufacturing: Zero-Defect Manufacturing (ZDM) using data mining approaches. W: J. J. Rodriguez-Andina (red.). *Data mining for Zero-Defect Manufacturing*, New York: Tapir Academic Press.
- Werner, G. W. (1998). *Praktyczny poradnik konserwacji maszyn i urządzeń*. Warszawa: Wydawnictwo Alfa-Weka.

Księgarnia internetowa Polskiego Wydawnictwa Ekonomicznego
zaprasza na zakupy **z rabatem 15%**

www.pwe.com.pl



dr inż. Katarzyna Grzybowska

E-mail: katarzyna.grzybowska@put.poznan.pl; nr ORCID: 0000-0002-4026-2473
Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania

inż. Maciej Krukowski

E-mail: maciej.krukowski1996@gmail.com

inż. Filip Thomas

E-mail: filip.j.thomas@gmail.com

Zastosowanie obserwacji migawkowej do usprawniania procesu sortowania

The use of sampling to improve the sorting process

Zmiany środowiskowe wymuszają w przedsiębiorstwach ciągłe modernizacje, zarówno technologiczne, organizacyjne, jak i produktowe. Kładziony jest nacisk na eliminację marnotrawstwa jako przejaw zarządzania świadomego i zrównoważonego. Dąży się więc do eliminacji nadmiernych kosztów, czasu i wysiłku pracowników. Jedną z metod weryfikacji i analizy procesów jest metoda obserwacji migawkowej. Pozwala ona zbadać strukturę czasu pracy pracowników lub urządzeń, a na podstawie wyników analizy zaproponować rekomendacje dla przedsiębiorstwa. Dzięki wykorzystaniu metody obserwacji migawkowej, możliwe było określenie struktury czasu pracy operatorów linii sortującej, a następnie przedstawienie propozycji usprawnień procesu.

Słowa kluczowe:

badanie pracy, zmiana organizacyjna, marnotrawstwo, organizacja procesu, logistyka przedsiębiorstwa, Lean, zrównoważone zarządzanie

Environmental changes force enterprises to constantly modernize, both technological, organizational and product-oriented. The emphasis is put on the elimination of waste as a manifestation of conscious and sustainable management. It strives to eliminate excessive costs, time and effort of employees. One of the methods of verification and analysis of processes is work sampling. It allows you to examine the structure of working time of employees or devices, and based on the results of the analysis, suggest recommendations for the company. Thanks to the use of work sampling, it was possible to determine the structure of the working time of the sorting line operators, and then to present the suggestions for process improvements.

Key words:

work research, organizational change, waste, process organization, company logistics, Lean, sustainable management

Wprowadzenie

Womack, Jones oraz Roos (1990) opisują eliminację marnotrawstwa w przedsiębiorstwach jako likwidację tych procesów, które nie tworzą wartości dodanej, a wpływają na:

- 1) nadmierne koszty;
- 2) czas;
- 3) wysiłek pracowników.

W rezultacie eliminacja marnotrawstwa prowadzi do zmniejszenia liczby błędów i braków oraz zwiększenia liczby wariantów produkowanych wyrobów. Warunkiem skutecznego kształtowania organizacji typu Lean jest właściwa współpraca pomiędzy dwoma obszarami: Lean Manufacturing oraz Lean Ma-

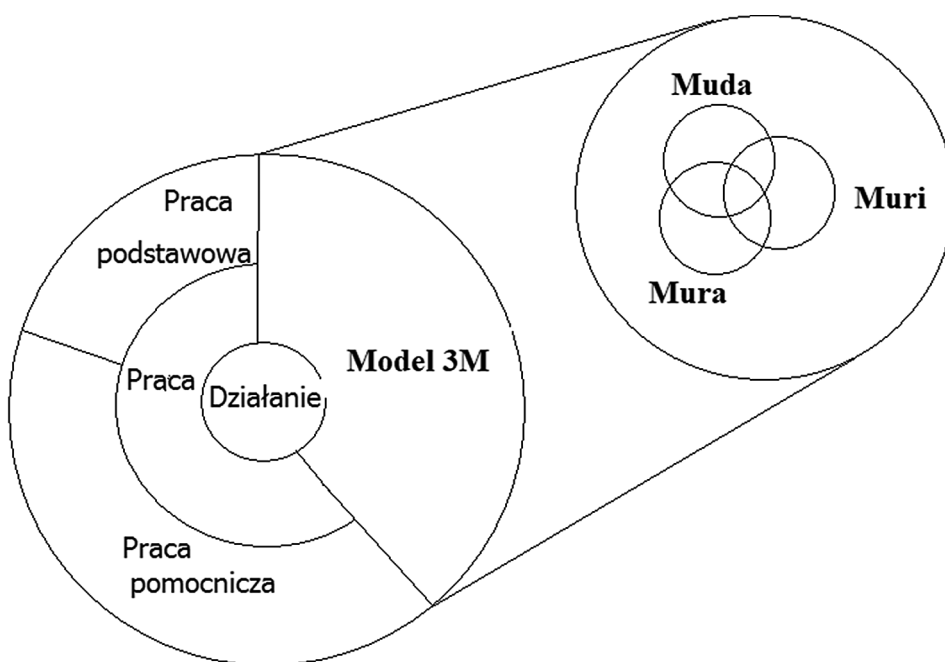
nagement. Koncepcja Lean, bo o niej mowa, przyczynia się do osiągnięcia takiej sprawności, która czyni przedsiębiorstwo bardziej elastycznym, szczupłym i wyćwiczonym (Pawlak, Grzybowska, 2009). Jest to możliwe w wyniku unikania wszelkiego rodzaju marnotrawstwa, określane modelem 3M. Można go przedstawić przy pomocy grafiki (rys. 1).

Trzy elementy modelu 3M oddziałują na siebie. Marnotrawstwo typu Muda jest najprostszym i najczęściej analizowanym oraz eliminowanym elementem modelu 3M. Rozpoznanych jest 7 głównych źródeł marnotrawstwa:

- 1) nadprodukcja, rozumiana jako produkcja w zbyt dużych ilościach, ze zbyt dużym wyprzedzeniem i często na podstawie zawyżonych prognoz;

Rysunek 1

Praca a model 3M (Muda, Muri, Mura)



- 2) braki i naprawy, rozumiane jako niewłaściwa jakość materiałów i półfabrykatów oraz wyrobów gotowych;
- 3) zbędny transport, rozumiany jako niepotrzebne przemieszczanie ładunków i zbędny ruch ludzi;
- 4) przestoje, rozumiane jako okresy bezczynności pracowników oraz nieplanowane przestoje maszyn i urządzeń;
- 5) zbędna praca, rozumiana jako niewłaściwa organizacja stanowisk pracy, która wynika z nieergonomicznego lub nieracjonalnego zagospodarowania przestrzeni roboczej;
- 6) zbędne zapasy, rozumiane jako nadmierne stany zapasów dysponowanych, które są wynikiem np. opóźnienia lub błędu informacji;
- 7) niewłaściwe metody wytwarzania, rozumiane jako niebezpieczne lub szkodliwe warunki, zastosowanie niewłaściwych narzędzi (Pawlak, Grzybowska, 2009).

Marnotrawstwo typu Muri odnosi się do zagrożeń, które wynikają z nadmiernego obciążenia pracowników, a w efekcie ich absencją oraz nadmiernego obciążenia maszyn, co powoduje zwiększoną awaryjność parku maszynowego (Pomietlorz, 2015).

Ostatnim elementem Modelu 3M jest Mura. Element ten dotyczy zmienności, nieregularności działań i wahań, na przykład w postaci fluktuacji czasów wytwarzania (Zwolińska, Grzybowska, Kubica, 2017). Marnotrawstwo typu Mura to nieregularność i brak stabilności procesu, które nawet jeśli są niewielkie powodują wiele problemów, np. przeciążenie pracą ludzi i maszyn. Konsekwencją tego jest niska wydajność i zwiększona strata — muda. Dlatego też

ekspertów Lean sugerują skupienie się na wyrównywaniu procesów w celu wprowadzenia stabilności. Perspektywa sukcesu przedsiębiorstw wykracza obecnie poza obszar finansowy; wymiar społeczny oraz środowiskowy powinny stać się kluczowe dla przedsiębiorstw.

Celem artykułu jest analiza problemu marnotrawstwa typu Mura procesu sortowania maszynowego w jednym z przedsiębiorstw zajmujących się usługami kurierskimi. Struktura artykułu jest następująca. Część pierwsza poświęcona jest zagadnieniom teoretycznym związanym z metodą obserwacji migawkowej. Część następną prezentuje analizę procesu i jego strukturę. Część trzecia zawiera opis czynności przygotowawczych do przeprowadzenia badania, podział pracy na odcinki oraz niezbędne obliczenia. Część kolejna zawiera wyniki obserwacji migawkowej, najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań oraz rekomendacje dotyczące rozwiązań usprawniających proces. Ostatnia część zawiera podsumowanie całości prac oraz stopnia osiągnięcia założonych celów.

Metoda obserwacji migawkowych

Metoda obserwacji migawkowych nazywana jest także metodą prób losowych. Została opracowana w latach 20. ubiegłego wieku przez statystyka Tippeta i została zastosowana po raz pierwszy do analizy zużycia czasu w przemyśle włókienniczym. Badanie

metodą prób losowych opiera się na założeniu, że cechy charakterystyczne dla badanej próby są reprezentatywne dla całego zbioru (Lisiński, Martyniak, Potocki, 1979, s. 292). Pozwala bowiem na określenie, jaką część czasu pracy pracownik poświęca na wykonywanie czynności przynoszących wartość oraz czynności zbędnych (Muhlemann, Oakland, Lockyer, 1997, s. 294; Martyniak, 1999, s. 66–68). Wskazuje przez to na konkretne zadania, jakie powinny być usprawnione.

Obserwacja migawkowa nie jest narzędziem do normowania czasu pracy, ale do ustalania i diagnozowania faktów. Do głównych zastosowań metody prób losowych należą (Rzeszotarska-Wyrwicka 1998, s. 71):

- 1) ustalanie wskaźników charakterystycznych,
- 2) badanie przebiegu pracy na potrzeby planowania i sterowania,
- 3) określanie dodatków procentowych czasu uzupełniającego na potrzeby normowania.

Obserwacje migawkowe znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie dokonuje się obserwacji kilku maszyn, stanowisk lub pracowników jednocześnie i zapewnia ogólny zarys całego procesu. Pozwala na zidentyfikowanie miejsc wymagających uwagi i wskazanie realistycznych celów usprawniających

czynności wykonywanej w ramach obserwowanej operacji i nie może być wykorzystywana do rozróżniania pracy efektywnej od nieefektywnej (Peer, 1986, s. 154). Oprócz tego obserwacji wykonanych przy użyciu tej metody nie można odtworzyć i nie uzyskuje się informacji o przyczynach zajścia obserwowanych zdarzeń. Zgodnie z prawem wielkich liczb i zasadami statystyki nie wolno wyciągać żadnych wniosków o wydarzeniach z małej ilości obserwacji (poniżej 1% całości) (Rzeszotarska-Wyrwicka, 1998, s. 71).

Podstawowy schemat badania metodą obserwacji migawkowej składa się z (Lisiński, Martyniak, Potocki, 1979, s. 295):

- 1) etapu przygotowawczego, który obejmuje ustalenie liczby obserwowanych obiektów i niezbędnej liczby obserwacji, wybór frakcji, określenie trasy i momentów obchodu oraz wykonanie formularzy utrwalających wyniki obserwacji;
- 2) etapu obserwacji, która może się odbywać w układzie: organizacyjnym dwufrakcyjnym, organizacyjno-technicznym wielofrakcyjnym, normy technicznej (wielofrakcyjnym), mieszanym wielofrakcyjnym (tab. 1);
- 3) etapu interpretacji wyników.

Tabela 1

Zastosowanie układów badań metodą obserwacji migawkowych

Układ	Zastosowanie
Organizacyjny dwufrakcyjny	Sprawdzenie sposobu kształtowania się pracy w układzie dwóch frakcji: pracy i bezczynności
Organizacyjno-techniczny wielofrakcyjny	Określenie przyczyn i wielkości strat czasu pracy
Wielofrakcyjny normy technicznej	Sprawdzenie poprawności obowiązujących norm technicznych
Wielofrakcyjny mieszany	Zbadanie dokładnej struktury czasu wykonywanych czynności z uwzględnieniem stopnia napięcia norm technicznych, przyczyn i wielkości strat czasu pracy oraz określenie normatywów pracy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Lisiński, Martyniak, Potocki, 1979, s. 306.

proces (Peer, 1986, s. 154; Martyniak, 1999, s. 68). Dodatkowymi zaletami tej metody są brak konieczności używania urządzeń pomiarowych, brak wymogów dotyczących specjalistycznego przygotowania i doświadczenia obserwatora, szybkość analizy i możliwość czasowego przerwania obserwacji i ich późniejszego wznowienia (Muhlemann, Oakland, Lockyer, 1997, s. 296–297; Rzeszotarska-Wyrwicka, 1998, s. 71). Sprawdza się również w celu identyfikacji marnotrawstwa typu Mura.

Metoda prób losowych nie daje jednak informacji dotyczących poprawy wydajności czy metod pracy i wobec tego stanowi narzędzie pomocnicze do bardziej szczegółowej analizy. Nie dostarcza również danych umożliwiających określenie rzeczywistego czasu poświęcanego na wykonanie każdej

Określenia wymaganej liczby obserwacji dokonuje się za pomocą wzorów Tippeta (1), de Jonga (2) i Steinhauusa (3). Pierwszy spośród wymienionych wzorów został opracowany przez twórcę metody obserwacji migawkowej i zakłada badanie tylko w układzie organizacyjnym dwufrakcyjnym (Lisiński, Martyniak, Potocki, 1979, s. 308–312; Martyniak, 1999, s. 68–69):

$$n = \frac{4(1-p')}{S^2 p'} \quad (1)$$

gdzie:

n — liczba obserwacji

p' — szacunek wielkości procentowego udziału zdarzeń oczekiwanych

S — założony względny błąd szacunku

De Jong zmodyfikował wzór 1, wprowadzając współczynnik zależności c , przy założeniu, że prowadzenie badania odbywa się w jednakowych interwałach:

$$n = \frac{4c^2(1-p')}{s^2p'} \quad (2)$$

gdzie:

c — współczynnik zależności mieszczący się w granicach 1,5–2

Wzory Tippeta i de Jonga wymagają przeprowadzenia obserwacji próbnych do oszacowania niezbędnej liczby obserwacji. Wobec tego zastosowanie znajduje wzór opracowany przez Steinhaus, pozwalający zarówno na określenie wymaganej liczby obserwacji bez wstępnych badań, jak i na uwzględnienie w badaniu więcej niż dwóch frakcji:

$$n = \left(\frac{\sqrt{\frac{k-1}{k}} - E}{E} \right)^2 \quad (3)$$

gdzie:

k — liczba frakcji

E — błąd bezwzględny

Po wykonaniu niezbędnych obliczeń wskazujących minimalną wymaganą liczbę obserwacji, zostają ustalone trasy obchodu i momenty obserwacji. Należy się upewnić, że trasa obchodu przebiega według stałego kierunku i umożliwi obserwację wszystkich stanowisk objętych badaniem. Dobór momentów obserwacji może być dokonany przy użyciu tablic liczb losowych, co zapewni w pełni losowy charakter badania lub z zastosowaniem losowania systematycznego — wówczas obserwacje będą wykonywane w stałych odstępach czasu (Lisiński, Martyniak, Potocki, 1979, s. 318, 325; Wyrwicka, Grzelczak, 2011, s. 30–31).

Tabela 2

Przyczyny kierowania przesyłek do zsypu odrzutów

Kod błędu	Opis	Przyczyna wystąpienia
#200	Nieodczytany kod kreskowy	Niewłaściwe ułożenie paczki uniemożliwiająca odczytanie kodu, kod zamazany/niewyraźny/nieosiągalny do odczytania z innych względów, błąd odczytu maszyny
#86	Inne powody Brak w planie sortowniczym Bez kodu PNA	Zapełnienie zsypu docelowego, inne Brak przypisania w planie sortowniczym zsypu dla danego kodu Dany kod w ogóle nie występuje w bazie danych

Źródło: Opracowanie własne.

Charakterystyka procesu sortowania

Analizowany proces dotyczy obiektu magazynowego, w którym dochodzi do sortowania, przeładunku i kontroli przesyłek. Przestrzeń magazynowa została zorganizowana w trzech strefach: recepcji (przyjeżdżać), sortowania i ekspedycji (wydań).

Proces sortowania rozpoczyna się od wyładowania przesyłek w strefie przyjęć. Przesyłki są następnie transportowane w kontenerach do strefy sortowania, gdzie są rozdzielane na te sortowane ręcznie i sortowane maszynowo. Następnie trafiają do strefy wydań, gdzie wyruszają do innych obiektów przeładunkowych. Sortowanie maszynowe odbywa się poprzez wyłożenie przesyłek na przenośnik, gdzie następuje zeskanowanie kodu kreskowego przesyłki, który zawiera informację o adresie docelowym. Następnie na podstawie odczytanego kodu przesyłki trafiają do odpowiednich zsypów, które są opróżniane po ich zapełnieniu przez pracowników.

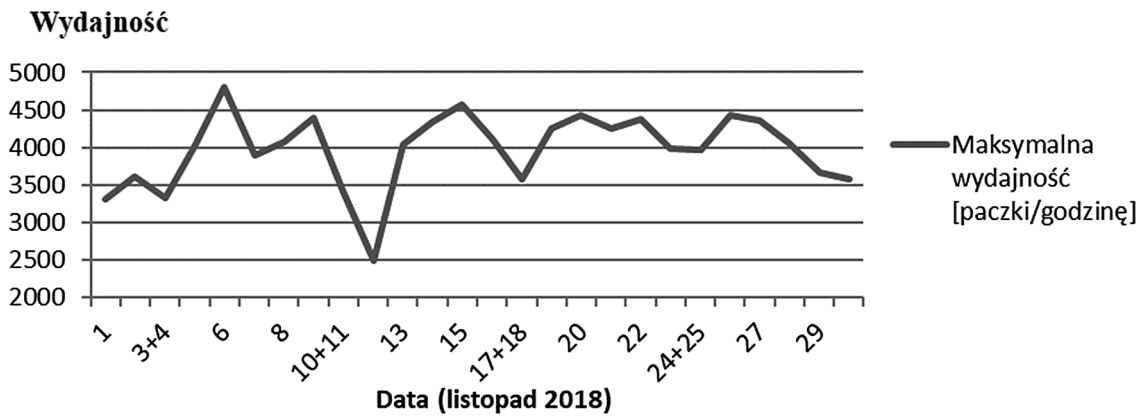
Maksymalna wydajność maszyny sortującej wynosi 7000 paczek/godz., natomiast błąd sortowania spowodowany niewłaściwym odczytem skanera to 0,02%. System informatyczny obsługujący te działania rozróżnia paczki skierowane do zsypu odrzutów według kodów błędów #200 i #86, których opis zawarto w tabeli 2.

Z analizy danych dotyczących wprowadzanych na maszynę sortowniczą paczek wynika, że liczba przesyłek odrzuconych przez system i wymagających ponownego sortowania lub przekazania do sortowania ręcznego znacznie przekracza określone w specyfikacji maszyny wartości — przeciętnie wynosi 10%. Dodatkowo zdecydowana większość odrzutów związana jest z kodem błędu #200.

Tak znaczny odsetek przesyłek kierowanych do zsypu odrzutów ma negatywny wpływ na wydajność całego procesu. Powoduje to nie tylko konieczność ponownego sortowania odrzuconych z różnych względów przesyłek, ale również uniemożliwia wprowadzenie do systemu nowych paczek. Okazuje się, że

Rysunek 2

Maksymalna uzyskana wydajność maszyny sortującej MD w listopadzie 2018 r.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

głównym powodem odrzucenia paczki jest nieodczytanie kodu, przeciętnie stanowiące ok. 6% wszystkich błędów. Wiedząc, że błąd #200 jest powodowany przez niewłaściwe ułożenie paczki lub wprowadzenie paczki, która sortowaniu maszynowemu nie powinna podlegać, przyczyn niskiej wydajności procesowi należy szukać w pracy operatorów maszyny.

Biorąc pod uwagę zmienne obciążenie maszyny w ciągu dnia, związane z cyklem przyjazdów kolejnych transportów, nie można porównywać całkowitej liczby przesortowanych przesyłek w ciągu poszczególnych zmian. Sezonowość popytu na przesyłkę paczkową uniemożliwia również porównywanie tej wielkości w ujęciu dziennym i miesięcznym. Możliwe jest natomiast określenie maksymalnej wydajności osiągniętej w wybranych przedziałach czasowych. Ry-

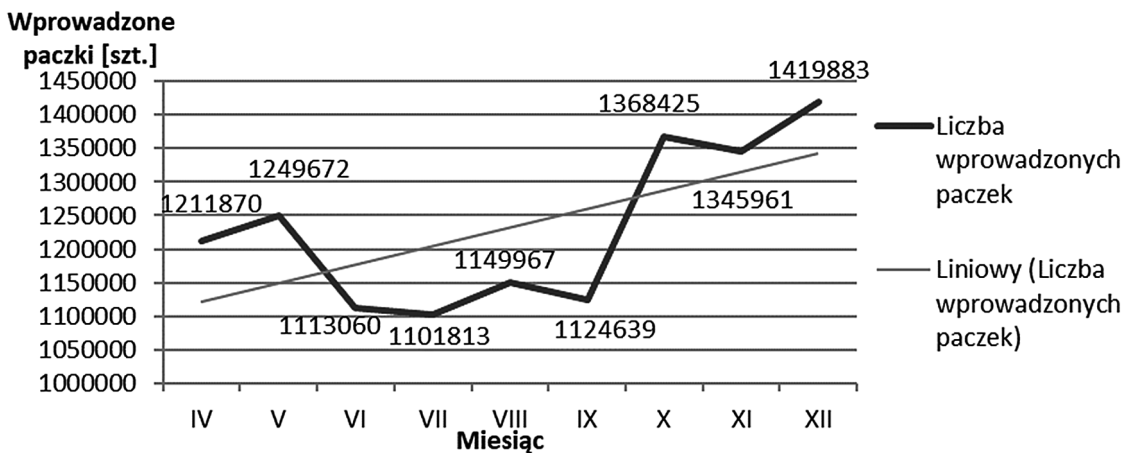
sunkiem 2 zobrazowano najwyższą wydajność osiąganą w listopadzie 2018 r.

Maksymalną wielkość przedziału o wartości 4805 paczek/godz. osiągnięto tylko raz w ciągu całego miesiąca i stanowi to 68,6% maksymalnej wydajności maszyny. Pozostałe wartości tylko w dziewięciu przypadkach przekraczają próg 60%. Należy przy tym zauważyć, że są to największe wartości uzyskiwane w danym przedziale czasowym, wobec czego przeciętna wydajność jest niższa. Gwałtowny spadek od 10 do 12 listopada można wytłumaczyć świętem narodowym i dniami wolnymi, przez co liczba przesyłek wymagających wprowadzenia na maszynę mogła być rzeczywiście znikoma.

Należy znaleźć przyczyny niskiego wykorzystania możliwości maszyny sortowniczej, a w konsekwencji

Rysunek 3

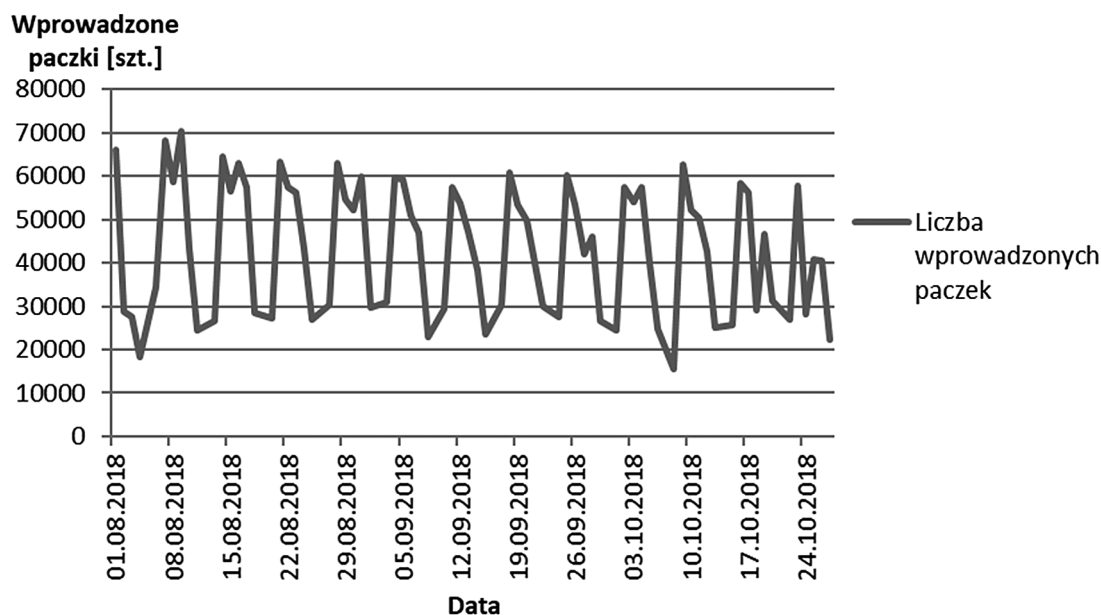
Liczba paczek sortowanych maszynowo od kwietnia 2018 r.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

Rysunek 4

Liczba sortowanych paczek w ujęciu tygodniowym od sierpnia do października 2018 r.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

spadku wydajności całego procesu. Zarówno z przeprowadzonych rozmów z pracownikami i kierownictwem, jak i obserwacji wynika, że większość spadków wydajności maszyny związanych jest z błędem czynnika ludzkiego.

Całkowita liczba paczek poddawanych sortowaniu jest różna w zależności od miesiąca, dnia, tygodnia czy zmiany roboczej. Wynika to ze zróżnicowania popytu na przesyłkę paczkową, cyklu dostaw (tzw. zegar wiązań), dni wolnych itp. Różnica w liczbie paczek sortowanych maszynowo w miesiącach letnich i późnojesiennie-zimowych sięga ponad 20% (rys. 3). Ogólny trend w porównaniu z kwietniem i majem również jest rosnący.

Można zaobserwować również tygodniową cykliczność popytu (rys. 4). Wiąże się to ze zmienną liczbą pracowników wprowadzających paczki na maszynę w różnych dniach tygodnia oraz w ciągu różnych zmian. Różnica w liczbie sortowanych paczek we wtorki i piątki wynosi ponad 40%. Zarówno w dniach największego obciążenia (wtorek), jak i w dniach przeprowadzania większości obserwacji (czwartek i piątek) podczas pierwszej zmiany na stanowiskach wprowadzania znajdowało się ośmiu pracowników. Wobec tego jeżeli udałoby się osiągnąć jeszcze większą wydajność, część operatorów nie byłaby potrzebna na stanowisku wprowadzania i mogłaby zostać przeniesiona do całkiem innych zadań, np. opróżniania zsyków lub sortowania ręcznego.

Przygotowanie do badania

Czynności wykonywane przez pracowników podzielono na grupy, opierając się na standardowym podziale pracy człowieka na odcinki pracy i postępu. Pominięto przy tym czas, w którym pracownik nie pozostaje w dyspozycji zakładu pracy, ponieważ nie miało to znaczenia w przypadku przeprowadzanych badań. Biorąc pod uwagę kryterium wartości dodanej, zrezygnowano również z wprowadzania grupy czynności podstawowych, zastępując ją czynnościami pomocniczymi niemożliwymi do wyeliminowania. Nie przynoszą one wartości do produktu, jednak z punktu widzenia procesu sortowania są konieczne.

Zbiór czynności wraz z ich podziałem na odpowiednie odcinki pracy został ujęty w tabeli 3, zawierającej odcinki związane wyłącznie z pracą, oraz tabeli 4, ujmującej zachodzące w trakcie pracy przerwy. Łącznie obserwacji podlegało osiem frakcji. Wśród odcinków pracy wydzielono działania pomocnicze pierwszego stopnia (MN1), drugiego stopnia (MN2) oraz działania dodatkowe.

Kategoria MN1 dotyczy zadań, które nie przynoszą wartości do procesu, jednak są niezbędne do jego realizacji i właściwego funkcjonowania. Oprócz tego niemożliwe jest również wykonywanie tych czynności przez pracownika innego niż bezpośrednio przez operatora wprowadzającego paczki. W grupie dzia-

Tabela 3

Podział przebiegu pracy na odcinki — praca

Odcinek przebiegu pracy	Czynność/zadanie
MN1 — działania pomocnicze pierwszego stopnia	<ul style="list-style-type: none"> ■ wykładanie paczek na taśmę przenośnika ■ ręczne wpisywanie kodów PNA przesyłek sortowanych półautomatycznie ■ rozdzielanie przesyłek sortowanych maszynowo i ręcznie
MN2 — działania pomocnicze drugiego stopnia	<ul style="list-style-type: none"> ■ przemieszczanie pojemników zbiorczych do i od stanowiska pracy ■ zbieranie wykazów zawartości kontenerów ■ przekazywanie skrzynek listowych do pracownika zmiany ■ zdejmowanie folii zabezpieczającej kartony z przesyłkami ■ przemieszczanie nadmiernej ilości zwrotów utrudniających dostęp do stanowiska
MZ — działania dodatkowe	<ul style="list-style-type: none"> ■ ponowne uruchamianie linii po zablokowaniu ■ wspieranie sąsiednich stanowisk w manipulowaniu ciężkimi przesyłkami ■ zdejmowanie z przenośnika błędnie umieszczonych na nim przesyłek

Źródło: Opracowanie własne.

łań pomocniczych pierwszego stopnia wyróżniono zasadnicze czynności wykonywane przez pracowników, tj.: wykładanie paczek na taśmę przenośnika, kodowanie paczek w trybie sortowania półautomatycznego i rozdział paczek na te podlegające sortowaniu ręcznemu i maszynowemu.

Zadania zebrane w ramach odcinka MN2 obejmują te czynności, które nie tylko nie przynoszą wartości do procesu, ale są całkowicie zbędne, możliwe do wyeliminowania lub mogłyby być wykonywane przez innego pracownika. W dalszym ciągu są to jednak czynności związane z procesem sortowania.

W grupie działań dodatkowych znajdują się czynności bez bezpośredniego związku z danym stanowiskiem pracy, np.: wsparcie stanowisk są-

siednich oraz czynności związane z naprawą występujących w procesie błędów. Poprzez naprawę błędów rozumie się czynności związane z ponownym uruchomieniem linii wprowadzania po jej zablokowaniu w wyniku umieszczenia na niej niewłaściwej paczki.

Wśród przerw wyróżniono przestoje wynikające z technologii produkcji i związane z planowym wyłączeniem maszyny. Znalazły się one w kategorii przerw technologicznych i obejmują przestoje związane ze zmianą planu sortowniczego i kompaktowaniem bazy danych systemu informatycznego oraz czynnościami obsługowymi. Czas nieplanowanych przestojów wywołanych wstrzymaniem maszyny zebrano w ramach kategorii zakłóceń technicznych. Przerwy planowe dotyczące pracowników i wynika-

Tabela 4

Podział przebiegu pracy na odcinki — przerwy

Odcinek przebiegu pracy	Czynność/zadanie
MA — przerwy technologiczne	<ul style="list-style-type: none"> ■ zmiana planu sortowniczego maszyny ■ kompaktowanie bazy danych sortera- prace serwisowe maszyny
MS — zakłócenia techniczne	<ul style="list-style-type: none"> ■ zablokowanie linii wprowadzania wynikające z działania skanera ■ wstrzymanie linii wprowadzania spowodowane blokadą taśmy ■ wstrzymanie linii z powodu zapełnienia zsyków
ME — planowy odpoczynek	<ul style="list-style-type: none"> ■ przerwy śniadaniowe
MP — sprawy prywatne	<ul style="list-style-type: none"> ■ rozmowy w trakcie pracy ■ wyjścia do toalety poza planowymi przerwami ■ korzystanie z telefonu w trakcie pracy
MX — niezidentyfikowane	<ul style="list-style-type: none"> ■ czynności niezidentyfikowane w trakcie obserwacji wstępnych ■ czynności niemożliwe do zakwalifikowania do pozostałych frakcji, np. brak pracownika na stanowisku bez określonej przyczyny, bezczynność pracownika spowodowana brakiem zadań do wykonania

Źródło: Opracowanie własne.

jące z organizacji dnia pracy należą do odcinka ME — planowy odpoczynek. Opuszczenie przez pracownika stanowiska pracy niewynikające z przerw planowych ujmowane jest w ramach kategorii spraw prywatnych MP, obejmującej również rozmowy na stanowisku pracy bez wykonywania powierzonych zadań lub rozmowy telefoniczne. Ostatnią kategorią jest czas poświęcony na przerwy i czynności wcześniej niezidentyfikowane lub niemożliwe do zakwalifikowania do żadnej innej kategorii.

Z punktu widzenia strumienia wartości jedynie czynności oznaczone jako czynności pomocnicze pierwszego stopnia są konieczne w procesie. Działania pomocnicze drugiego stopnia w większości stanowią marnotrawstwo czasu jedynie pod kątem pracownika wykładającego paczki, np. przemieszczanie pojemników zbiorczych. Powinno to być wykonywane przez osobnego operatora, w którego przypadku czynności te zakwalifikowano by do kategorii MN1. Czynności związane ze zdejmowaniem folii z pojemników kartonowych, mimo zakwalifikowania do działań możliwych do wykonywania przez innego pracownika, stanowią marnotrawstwo, które można by zupełnie wyeliminować. Marnotrawstwem czasu są również działania dodatkowe oraz przerwy technologiczne i sprawy prywatne. W sytuacji idealnej żadne z tych zjawisk nie powinno mieć miejsca. Również przerwy technologiczne, które są niemożliwe do wyeliminowania, powinny być zredukowane do niezbędnego minimum i wykonywane w sytuacjach, w których maszyna nie jest użytkowana. Jeżeli do któregośkolwiek z działań obsługowych maszyny dochodzi w trakcie pracy operatorów linii, stanowi to marnotrawstwo czasu pracownika.

Obserwacji podlegało ośmiu pracowników, czyli 100% stanowisk. Do obliczenia niezbędnej liczby obserwacji wykorzystano wzór Steinhausa (3), przyjmując osiem obserwowanych frakcji i błąd bezwzględny oszacowania udziału poszczególnych frakcji w ogóle obserwacji 2,5%. Po podstawieniu do wzoru uzyskano:

$$n = \left(\frac{\sqrt{\frac{8-1}{8} - 0,025}}{0,025} \right)^2 = 1327,167$$

Po zaokrągleniu wyniku minimalna liczba obserwacji wyniosła 1328. Jest to najmniejsza liczba obserwacji pozwalająca na oszacowanie wielkości poszczególnych frakcji na poziomie wiarygodności 97,5%. Ze względu na konstrukcję arkusza pomiarowego oraz dni obserwacji rzeczywista liczba obserwacji była nieznacznie wyższa od wielkości minimalnej. Zapewniło to dodatkowo większą dokładność uzyskanych wyników.

Wyniki obserwacji migawkowej oraz rekomendacje rozwiązań usprawniających proces

Przy opracowywaniu planu usprawnienia procesu należało zwrócić szczególną uwagę na frakcję czynności pomocnicze I stopnia (MN1), której udział w ogóle frakcji powinien być jak największy, oraz potencjalne marnotrawstwa, które należałoby zminimalizować na pierwszym miejscu: zakłócenia techniczne (MS), sprawy prywatne (MP) i nierozpoznane (MX).

We frakcji zakłócenia techniczne (MS) w większości przypadków odnotowano przestój związany z blokadą maszyny spowodowaną niewłaściwym umieszczeniem paczek na linii wprowadzania. Najczęściej było to położenie paczki na przenośniku w inny sposób niż stroną adresową do góry. Pozostałe, mniej liczebne, przerwy w działaniu maszyny zostały spowodowane rzeczywistą awarią techniczną, przypadkowym wciśnięciem grzybkowego przycisku bezpieczeństwa, wkręceniem przesyłki w opakowaniu foliowym w przenośnik oraz zablokowaniem linii spowodowanym zbyt dużą liczbą paczek na wyciągu.

Frakcja sprawy prywatne (MP) zawiera przede wszystkim obserwacje rozmów pracowników przy jednoczesnym niewykonywaniu żadnej innej czynności. Warto nadmienić, że rozmowy w pracy nie są w żaden sposób zabronione, o ile nie wpływa to w negatywny sposób na wykonywane czynności. Pozostałe przerwy zaliczane jako MP to wyjścia do toalety.

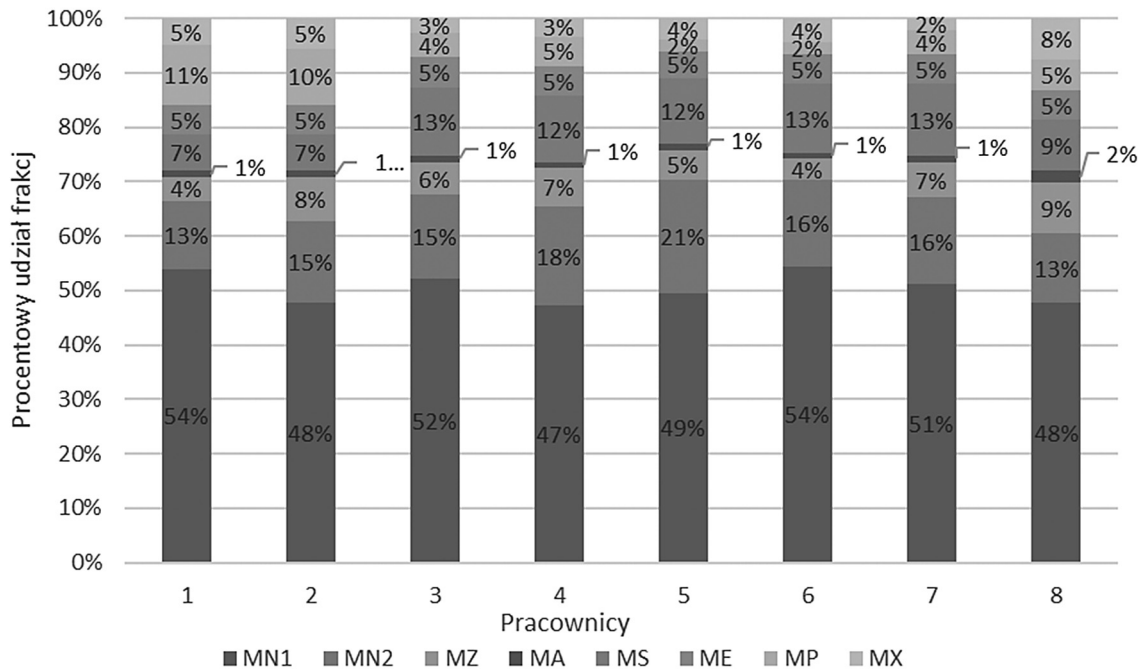
Frakcja nierozpoznane (MX) to przeważnie obserwacje nieobecności pracownika na stanowisku z przyczyny, której nie udało się ustalić. Pozostałe przypadki to przerwa spowodowana brakiem materiału paczkowego na stanowisku, udzielanie pracownikowi instrukcji przez kierownika zmiany oraz przenoszenie paczek zwracanych do nadawcy z powodu całkowitego zapełnienia wydzielonego miejsca na te przesyłki.

Na rysunku 6 przedstawiono procentowy udział każdej frakcji dla wszystkich pracowników. Największy udział MN1 stwierdzono u pracownika 1 i 6 (po 54%), natomiast najmniejszy udział występuje u pracownika 4 (47%). Przyczyn niskich wartości MN1 można upatrywać w stosunkowo dużym udziale frakcji sprawy prywatne (MP) u pracowników 1 i 2 (odpowiednio 10–11%) oraz zakłócenia techniczne (MS) u reszty pracowników (12–13%). Po analizie arkuszy obserwacyjnych stwierdzono, że duży udział MP u pracowników 1 i 2 wynikał z dużej ilości przerw na rozmowy między sobą.

Można także zauważyć w parach pracowników 3 i 4, 5 i 6 oraz 7 i 8 zależność polegającą na większym udziale MZ u jednego pracownika przy jednocze-

Rysunek 5

Udziały poszczególnych frakcji w całkowitym czasie pracy



Źródło: Opracowanie własne.

szym większym udziale MS u drugiego pracownika (rys. 5). Wynika to z budowy maszyny sortującej, w której wyciągi paczkowe są połączone parami i gdy na np. linii 7 wystąpi zatrzymanie z winy pracownika, to linia numer 8 także przestaje pracować.

Ponadto zbadano, w jakim stopniu pracownicy osiągają maksymalną wydajność maszyny, która wynosi 7000 paczek/godzinę. Udział procentowy maksymalnej i średniej wydajności pracowników w maksymalnej wydajności maszyny przedstawiono wykresem (rys. 6). Największą wydajność odnotowano w dniu 15. — 65% maksymalnej wydajności maszyny sortującej, natomiast najmniejszą wydajność osiągnięto w dniu 29. — 49% maksymalnej wydajności.

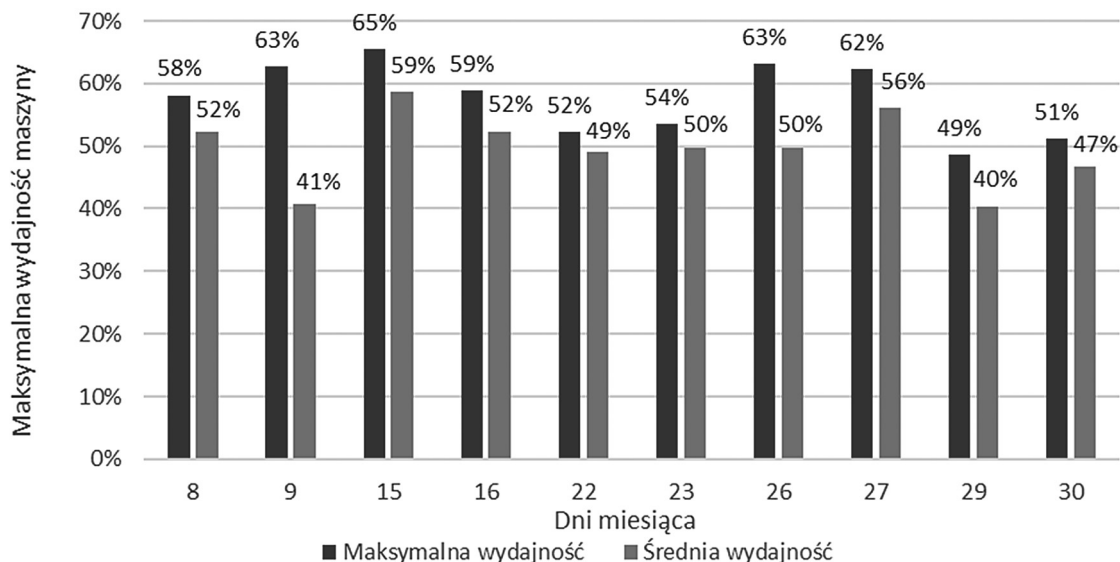
Różnica pomiędzy maksymalną a średnią wydajnością (22%) może świadczyć o tym, że podczas obserwacji wystąpiła dłuższa przerwa w pracy. Jak się okazuje, po sprawdzeniu arkusza pomiarowego z tego dnia można dowiedzieć się o wystąpieniu trzech przerw związanych z brakiem materiału i kompaktowaniem bazy danych oraz z przerwy wynikającej z awarii wyciągu. Poza tym dniem oraz dniem 26., w którym także wystąpiła awaria wyciągu, różnice w maksymalnej i średniej wydajności nie przekraczają 9%.

Uzyskane dzięki obserwacji migawkowej wyniki oraz analiza przyczyn odrzucania przesyłek paczkowych przez maszynę pozwoliły na określenie głównych przyczyn niskiej wydajności procesu. Straty związane są z przestojami technicznymi spowodowanymi niewłaściwym sortowaniem oraz czynnościami dążącymi do wznowienia działania maszyny — odpowiednio 11% i 6% całkowitego czasu pracy. Dodatkowo problemem są przerwy związane z nieprzygotowaniem pracownika do postępowania z różnymi rodzajami przesyłek. Problemy te można rozwiązać poprzez zmiany natury organizacyjnej i odpowiednie przygotowanie operatorów. Proponuje się następujące usprawnienia.

1. Wprowadzenie wzorcowego schematu postępowania w formie zbioru podstawowych zasad obowiązujących podczas realizacji procesu sortowania paczek. Zawiera on zasady określające obowiązki poszczególnych pracowników i ogólne zasady dotyczące przebiegu faz procesu sortowania. W przypadku bardziej szczegółowych czynności wykonywanych na konkretnym stanowisku odsyła do instrukcji stanowiskowych umieszczonych w widocznym miejscu na stanowisku pracy.
2. Stworzenie wzorca określającego dopuszczalne ga-

Rysunek 6

Maksymalna i średnia wydajność pracowników w dniach obserwacji w odniesieniu do maksymalnej wydajności maszyny sortującej



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

- barty paczki, który znajdzie zastosowanie w przypadku wątpliwości pracownika dotyczących wymiarów paczki. Pracownik, porównując rozmiary paczki z szablonem, podejmie właściwą decyzję, którą paczkę umieścić na taśmie, a którą przekazać do sortowania ręcznego.
3. Stworzenie instrukcji stanowiskowych dotyczących prawidłowego sortowania paczek i ponownego uruchamiania linii w przypadku jej zatrzymania. Instrukcja na stanowisku wprowadzania zmniejszy ryzyko poddania sortowaniu maszynowemu niewłaściwego rodzaju przesyłki. Zapewni również większe bezpieczeństwo pracowników. Instrukcja ponownego uruchomienia linii będzie wskazywać prawidłowy sposób postępowania oraz informować pracownika o przyczynach wstrzymania jej działania. Zwiększy to świadomość operatora i pozwoli na ograniczenie popełniania podobnych błędów w przyszłości. Wprowadzenie właściwie skonstruowanych instrukcji stanowiskowych ma szczególne znaczenie w sytuacji, gdy pracownicy nie otrzymają właściwego przeszkolenia i nie posiadają doświadczenia w pracy na danym stanowisku. Zwiększy to efektywność zwłaszcza pracowników sezonowych, nowo zatrudnionych i przeniesionych z innych stref.

4. Wprowadzenie pracownika mającego za zadanie doprowadzenie kontenerów do stanowisk wprowadzania.

Podsumowanie

Przeprowadzona obserwacja migawkowa wykazała, że głównymi przyczynami niskiej wydajności procesu są nieefektywna organizacja pracy operatorów oraz błędy w ich przeszkoleniu. Przejawia się to poświęcaniem czasu pracy operatorów maszyny sortującej na czynności, które mógłby wykonać inny pracownik, nieprzygotowaniem pracownika do postępowania z różnymi rodzajami przesyłek oraz związanymi z tym przestojami technicznymi. Zmiana organizacji pracy może być wykonana z wykorzystaniem proponowanych rozwiązań, takich jak stworzenie dla każdego stanowiska widocznych instrukcji stanowiskowych wraz z wzorcem dopuszczalnych gabarytów paczki oraz stworzenie wzorcowego schematu postępowania.

Badania Nr: 11-140-SBAD-4170

Bibliografia

- Lisiński, M., Martyniak, Z., Potocki, A. (1979). *Badanie pracy*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Martyniak, Z. (1999). *Metody organizacji i zarządzania*. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej.
- Muhlemann, A. P., Oakland, J. S., Lockyer, K. G. (1997). *Zarządzanie. Produkcja i usługi*. WWarszawa: PWN.
- Pawlak, N., Grzybowska, K. (2009) Jak zrozumieć Lean Production? — usprawnianie procesu produkcyjnego. W: K. Grzybowska, Ł. Hadaś (red.). *Metody i techniki doskonalenia w logistyce produkcji*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, s. 63–75.
- Peer, S. (1986). An improved systematic activity sampling technique for work study. *Construction Management and Economics*, (4), 151–159.
- Pomietlorz, M. (2015). Istota koncepcji Lean Manufacturing. W: *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*. Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Zakopane, s. 612–621.
- Rzeszotarska-Wyrwicka, M. (1998). *Organizowanie systemów pracy: materiały pomocnicze*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990). *The machine that changed the World*. Rawson Associates, New York.
- Wyrwicka, M. K., Grzelczak, A. U. (2011). *Audyt personalny*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Zwolińska, B., Grzybowska, K., Kubica, Ł. (2017). Shaping production change variability in relation to the utilized technology. W: M. Fertsch, A. Stachowiak, B. Mrugalska, J. Oleśków-Szłapka, Ł. Hadaś, P. Cyplik, P. Golińska-Dawson (red.). *24th International Conference on Production Research (ICPR 2017)* (51–56). Poznań: DEStech Publications, Inc.



PWE poleca

Każda organizacja funkcjonująca w globalnej gospodarce jest zmuszona nieustannie podejmować wyzwania dotyczące m.in. wdrożeń nowych produktów i procesów, aby móc utrzymać się w konkurencyjnym i ciągle zmieniającym się otoczeniu. Powszechną praktyką staje się więc powoływanie w przedsiębiorstwach jednostek organizacyjnych zarówno planujących, organizujących, jak i nadzorujących realizowane przedsięwzięcia.

Do zadań biura zarządzania projektami (Project Management Office – PMO) należą: wspieranie i realizowanie planów strategicznych przedsiębiorstwa; utrzymanie kapitału intelektualnego; planowanie i nadzór nad wykorzystaniem zasobów; koordynacja i centralizacja podległych projektów; zarządzanie środowiskiem projektowym, w tym planowanie, standaryzacja i synchronizacja, szkolenia, kontrola; doskonalenie praktyk i rezultatów zarządzania projektami; likwidacja lub łagodzenie problemów; raportowanie projektów do wyższego szczebla zarządzania.

Biuro zarządzania projektami (PMO) to publikacja wypełniająca dotychczasową lukę na polskim rynku wydawniczym. Autor przedstawia aktualny stan wiedzy i najnowsze wyniki badań w zakresie PMO. Znakomitym uzupełnieniem podjętej tematyki są zagadnienia portfela projektów, zarządzania wiedzą projektową oraz dojrzałości biur zarządzania projektami.

Księgarnia internetowa www.pwe.com.pl

dr Grażyna Wieteska

E-mail: grazyna.wieteska@uni.lodz.pl; nr ORCID: 0000-0002-5616-3234
Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania, Katedra Logistyki

How to measure the supplier involvement?

Jak zmierzyć praktykę włączania dostawców w rozwój produktów?

Increasing a degree of supply chain integration is a common strategy today. Therefore, more and more companies decide to implement joint projects with their first tier suppliers. One of the examples of such projects is the joint product development. The purpose of this paper is to present a comprehensive framework of the measurement of supplier involvement (SI) in product development based on the systematic literature review. SLR covered 126 papers published between 1989 and August 2018 in three databases of well-known journal publishers. The results of in-depth analysis of previous quantitative and qualitative research allowed to develop the proposition of supplier involvement measurement. It consists of three constructs, which are: 'degree of supplier involvement', 'partnership in product development process' and 'communication during product development'. They are all expressed with the twenty six different items. The developed SI measurement approach can be used for quantitative research on NPD or other projects implemented in cooperation with suppliers as well as different business partners.

The paper is a result of the project "Flexibility in relationships with suppliers in terms of supplier-purchaser models of cooperation on product development in the B2B market", no. 2016/21/B/HS4/00665, that is financed by the National Science Centre (NCN) in Poland.

Key words:

supplier involvement, product development, measurement, systematic literature review

Firmy ukierunkowują dziś swoje działania na zwiększanie stopnia integracji w łańcuchu dostaw. W związku z tym, coraz więcej przedsiębiorstw decyduje się na realizowanie wspólnych projektów razem ze swoimi bezpośrednimi partnerami gospodarczymi. Jednym z przykładów takich projektów jest rozwój produktów z dostawcami (ang. Supplier Involvement, SI). Celem artykułu jest zaprezentowanie ram kompleksowego pomiaru włączania dostawców w rozwój produktów w oparciu o systematyczny przegląd literatury. Badanie objęło 126 artykułów opublikowanych pomiędzy 1989 a 2018 rokiem w trzech znanych międzynarodowych bazach czasopism. Rezultaty pogłębionej analizy poprzednich, zarówno ilościowych jak i jakościowych, badań pozwoliły na opracowanie kompleksowego podejścia do pomiaru SI. Składa się on z trzech konstruktów, którymi są: „stopień włączenia dostawcy w rozwój produktu”, „partnerstwo w procesie rozwoju produktu” oraz „komunikacja podczas rozwoju produktu”. Wszystkie trzy konstrukty wyrażone zostały dwudziestoma sześcioma zmiennymi. Zaproponowany pomiar może być wykorzystywany w przyszłych badaniach ilościowych, których przedmiotem są nie tylko projekty o tematyce rozwijania produktów w relacjach z dostawcami, ale także projekty o innej tematyce prowadzone z pozostałym interesariuszami. Artykuł napisany został w ramach realizowanego projektu o numerze 2016/21/B/HS4/00665, pt. „Elastyczność w relacjach z dostawcami a rodzaje współpracy dostawca-nabywca w zakresie rozwijania produktów na rynku B2B”, który uzyskał finansowanie z Narodowego Centrum Nauki.

Słowa kluczowe:

włączenie dostawcy, rozwój produktu, pomiar, systematyczny przegląd literatury

L10, O30, O32

Introduction

Since more than 30 years, the supplier involvement in product development (SI) has been a subject of a lot of qualitative and quantitative

research. The origins of this issue can be seen in the 'concurrent engineering' which is concentrated on designing products and processes by production and other functions including product lifecycle approach (Winner, 1988, pp. 11–13). Birou and Fawcett (1994)

clarified that SI is 'supplier participation in the integrated product development process'. The newest definition of supplier involvement says that it is 'the process of managing the involvement of suppliers in the development of (new) products/services/processes/ technologies for the chosen category' (Luzzini et al., 2015). SI is also explained as a 'supplier integration' (Wagner, 2012) or 'supplier engagement' (Saunders et al., 2015). The main success factor for product innovation development is building partnership with suppliers (Urbaniak, 2017). When analyzing SI, it is impossible not to refer also to early supplier involvement (ESI), which is defined as 'proactively integrating suppliers at an early stage of product development' (Bozdogan et al., 1998).

In past research, supplier involvement usually concerned developing new or significantly improved products. These two situations directly refer to the product innovation definition (OECD and Eurostat, 2005, p. 48). Many authors studied both SI and product innovativeness e.g. (Song, Song and Di Benedetto, 2011; Bahemia, Squire and Cousins, 2017). Luo, Mallick and Schroeder (2010) as well as Fossas-Olalla et al. (2015) examined 'product newness' and 'product novelty', whereas Bozdogan et al. (1998) was interested in the innovation types (e.g. incremental and radical).

There is a growing role of strategic foresight for innovation management (Adegbile, Sarpong and Meissner, 2017). In the light of current challenges for supply chains such as advanced information and communication technologies, global sourcing or the urgent need of design for environment, an investigation into the product development is a critical topic today. Interestingly, manufacturing companies functioning in Poland develop product innovations in relationship with suppliers the most often (Ocicka, 2018).

The quantitative research is especially important for statistical calculations. Scientists verify conceptual models to track the relationships between particular variables. To build such a research it is necessary to propose constructs that would define specific areas.

In the literature of the subject, the constructs expressing the supplier involvement in product development also appeared. However, they are diverse and knowledge about them is unordered. Still, there is a lack of a comprehensive approach to SI measurement. Therefore, the paper aims to fill this gap.

The manuscript makes three specific contributions to the literature. First, it presents SI constructs that have been confirmed by researchers in the last decades. Then, it analyses them in terms of the content and used items. Finally, based on the observations from the SLR it proposes an integrated approach to the measurement of supplier

involvement in product development. It can be used in the future quantitative research on various projects implemented in cooperation with suppliers and other business partners.

This article is structured as follows. Section 2 explains the methodology utilized to perform the systematic literature review as well as the main descriptive results. Findings on the previous SI constructs are presented and discussed in Section 3. The final sections show the SI measurement framework, implications and conclusions.

Research method

The research is based on a Systematic Literature Review (SLR) applied following Tranfield, Denyer and Smart (2003). The review process consisted of the following phases: question formulation, keyword search in databases, screening phases (Table 1) and analysis of articles. First, the research question - how scientists measured the supplier involvement in product development so far? - was constructed. This question, though very general, was supported by five sub-questions:

- What are the names of SI constructs?
- From what number of items are SI constructs built?
- To what refer the SI constructs' items?
- What are the similarities between the content of constructs?
- What variables appeared in the research articles on SI in addition to full constructs?

In the second phase, the author used the leading providers of research databases, which are EBSCOhost Online Research Databases, Emerald Insight and Wiley Online Library. The following search terms and restriction were used in the phase of the databases search:

- two search terms: 'supplier involvement' and 'product development',
- restriction: occurrence in abstract.

'Supplier involvement' can refer to various supply chain processes. To select the appropriate papers, the 'product development' search term was also applied, with this phrase being used to avoid limiting the issue to only new products. There was no restriction on the date of publication and the type of paper, in order to identify as many articles presenting the results of research as possible. For the final analysis 126 papers were taken into account (Table 1).

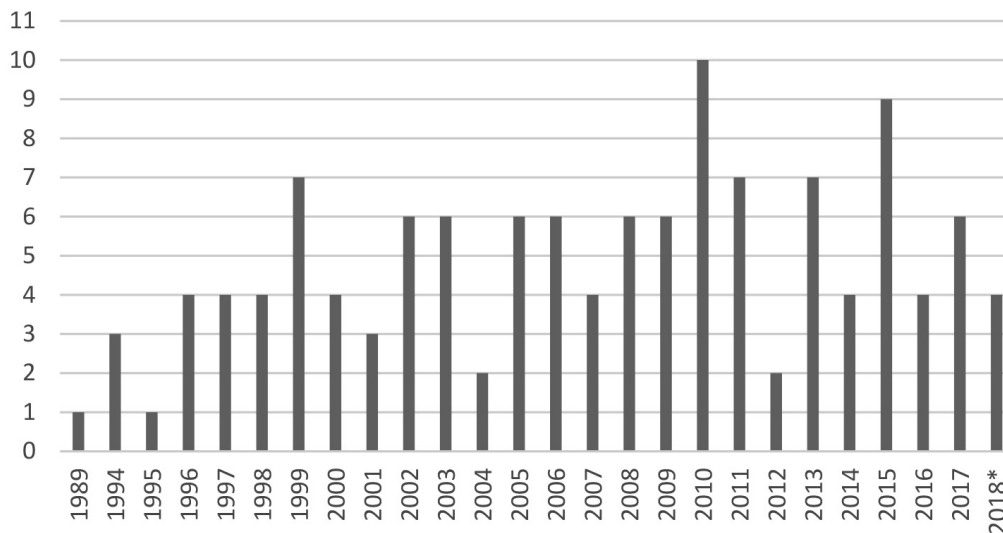
The identified articles were published between 1989 and August 2018. Papers appeared every year. The largest number of articles on this subject was published in the 2010 year (Figure 1). It can be noticed that interest in the subject has not been diminishing for examined years.

Table 1
The screening phase results

Phase description	Database	Output (number of papers)
First database search with the use of two search terms	EBSCOhost	172
	Emerald	24
	Wiley Online Library	28
Screening 1: checking titles and abstracts	EBSCOhost	120
	Emerald	24
	Wiley Online Library	22
Screening 2: removing duplicates	EBSCOhost, Emerald, Wiley Online Library	144
Screening 3: closer inspection, checking cited articles	EBSCOhost, Emerald, Wiley Online Library	126

Source: own study.

Figure 1
Year-wise distribution of publications (*up to the end of August 2018)



Source: own study.

Among analyzed papers, 62 of them present survey results on supplier involvement in product development, 57 show cases studies and 1 paper is

related to the literature review. Further, 13 papers are conceptual, whereas 3 articles are analytical one. Finally, 6 papers propose a research framework (Table 2).

Table 2
Methodologies used in the publications

Survey	Case study	Literature review	Conceptual	Framework	Analytical
62	57	1	13	6	3

Source: own study.

The SI constructs appeared only in papers presenting survey results. The quantitative papers examined also such variables as SI enablers, barriers or drivers. The enablers as well as SI definitions are an important input to the framework presented in the penultimate part of this publication. In general, six papers provided 'supplier involvement' definition, whereas five articles elaborated 'early supplier involvement' definition.

In terms of the sector, all analyzed publications examined production industries. In several cases, authors studied distribution sector at the same time. The research perspective most often concerned the relationship between the manufacturing company and its business partners. This viewpoint is therefore a main perspective of the following considerations.

Findings

For the purposes of this article the analysis was mainly focused on the quantitative measures. Twelve original and confirmed SI constructs appeared in gathered articles (Table 3). Some of them were used in more than one research and some were developed with regard to the previous studies. Similarly, several ESI constructs were recognized in the past publications (Table 4).

Usually, authors used 'supplier involvement' or 'early supplier involvement' as a construct's name.

However, in some cases this name was modified into a longer explanation, e.g. Supplier Involvement in New Product Development (NPD) (Li, Gu and Wang, 2010; Danese and Filippini, 2010) or Integration in FFE ("fuzzy front end") phase of NPD (Wagner 2012). FFE concerns only generating and evaluating ideas as well as developing product concept.

Most research models are based on a single SI or ESI construct. Here, the highest number of items (seven) was proposed by Primo and Amundson (2002). Contrarily, Chien and Chen (2010) examined 'supplier involvement' referring to the three following subconstructs: 'early supplier involvement' (4 items), 'technology and cost information sharing' (2 items) and 'customer knowledge of supplier' (2 items). Similarly, Li, Gu and Wang (2010) proposed two subconstructs: 'involvement time' (6 items) and 'involvement degree' (3 items). ESI constructs usually consist of three items. There are also studies that used exactly the same SI construct (Feng et al., 2013; Feng et al., 2014; Zhang, Wang and Gao, 2017). Interestingly, some ESI constructs were adopted from previous studies (e.g. Brewer and Arnette, 2017).

The research on SI in product development has been present in the literature for the last 30 years. Most recognized constructs differ not only with the number of items, but above all on how these items are formulated. Nevertheless, some similarities can be distinguished and, more specifically, certain thematic areas that they describe.

Table 3
SI constructs in past studies

No.	Authors (year of publication)	Construct name	No. of items
1	Primo and Amundson (2002)	Supplier Involvement	7
2	Petersen, Handfield and Ragatz (2003)	Supplier Involvement in Decision-Making	3
3	Carr et al. (2008)	Supplier Involvement	3
4	Luo, Mallick and Schroeder (2010)	Supplier Involvement effort	4
5	Chien and Chen (2010)	Supplier Involvement: Early Supplier Involvement + Customer knowledge of supplier + Technology and cost information sharing	422
6	Danese and Filippini (2010)	Supplier Involvement in NPD	4
7	Li, Gu and Wang (2010)	Supplier Involvement in NPD: Involvement time + Involvement degree	63
8	Najafi, Sharifi and Ismail (2013); Najafi et al. (2013)	Supplier Involvement	5
9	Feng and Wang (2013)	Supplier Involvement	4
10	Feng et al. (2013) Feng et al. (2014) Zhang, Wang and Gao (2017)	Supplier Involvement	4
11	Cheng and Krumwiede (2018)	Supplier Involvement	4
12	Ye et al. (2018)	Supplier Involvement	4

Source: own study.

Table 4
ESI constructs in past studies

No.	Authors (year of publication)	Construct name	No. of items
1	McGinnis and Vallopra (1999)	Early Supplier Involvement (Suppliers in a Major New Product Development Role)	3
2	Wagner (2012)	Integration in FFE ("fuzzy front end") phase of NPD.	4
3	Kähkönen, Lintukangas and Hallikas (2015), adopted from Trent (2007)	Early Supplier Involvement	3
4	Brewer and Arnette (2017), adopted from two previous papers	Early Supplier Involvement	3
5	Kähkönen et al. (2017), adopted from Trent (2007)	Early Supplier Involvement	4

Source: own study.

First, it is noticeable that most papers refer to the participation of 'key supplier' (e.g. Primo and Amundson, 2002; Feng et al., 2013; Cheng and Krumwiede, 2018) as well as the process of new product development (e.g. Danese and Filippini, 2010; Li, Gu and Wang, 2010).

Secondly, the items are measured with the five or seven-point Likert scale. The questions to the items refer to the level of described phenomenon or a degree to which a respondent agrees with the particular statement.

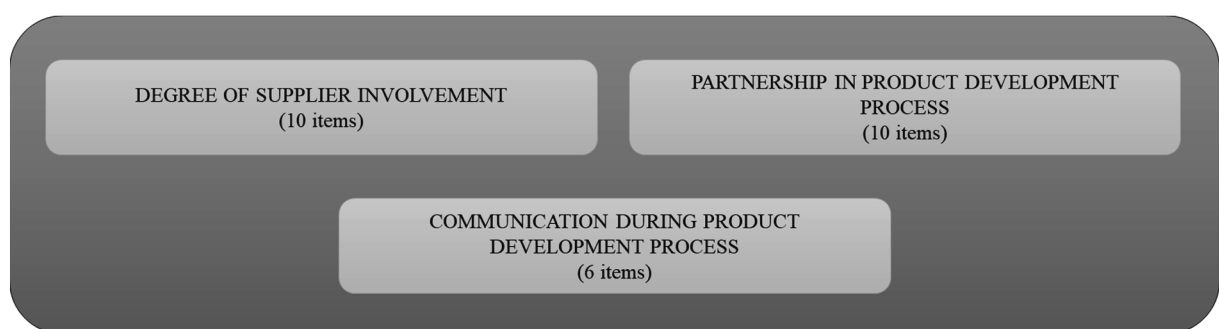
Thirdly, the SI and ESI constructs very often include the aspect of communication during product development. This string appears several times, both in regard to its 'closeness' (Primo and Amundson, 2002; Danese and Filippini, 2010; Najafi, Sharifi and Ismail, 2013; Najafi et al., 2013) and to its 'extent'. Petersen, Handfield and Ragatz (2003) were interested in the extent of supplier 'participation', whereas other scientists (Najafi, Sharifi and Ismail, 2013; Najafi et al., 2013) included the variable concerning the supplier's 'activeness in NPD'. In

addition, the question about the 'frequency' of consultations with suppliers occurred in some constructs (Luo, Mallick and Schroeder, 2010; Chien and Chen, 2010; Ye et al., 2018).

Further, the items present different practices that are related to building partnership in supply chain. They concern long-term supplier-buyer relationships (Zsidisin and Ragatz, 2008; Wagner, 2012), sharing resources (McGinnis and Vallopra, 1999; Brewer and Arnette 2017, Cheng and Krumwiede, 2018) and supporting suppliers in achieving the appropriate quality (Primo and Amundson, 2002).

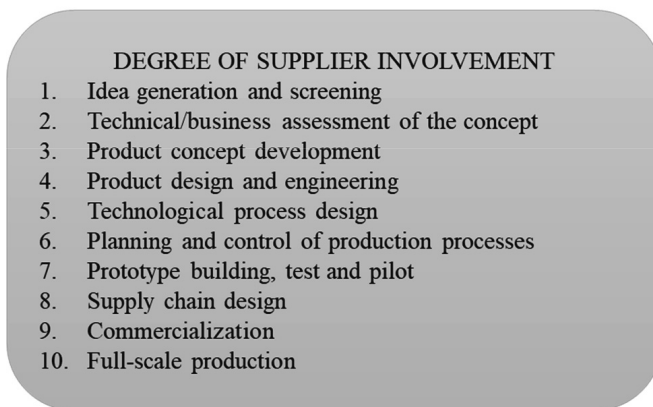
Finally, some constructs refer to the moment of supplier involvement with the reference to the NPD stages. In the studied articles, it was sometimes described as a separate construct, which is called 'timing'. This aspect is especially important for research on ESI (e.g. Wagner, 2012). Early supplier involvement refers to the early NPD stages (Bozdogan et al., 1998). For example, according to the Handfield et al. (1999), these stages are the idea generation, preliminary business/technical

Figure 2
The proposition of the supplier involvement measurement — three constructs



Source: own study.

Figure 3
Degree of supplier involvement



Source: own study

assessment and product/process/service/concept development. It happens that NPD stages are also listed in the constructs expressing SI degree e.g. (Li, Gu and Wang, 2010).

The framework of SI measurement

Due to the fact that SI measurements presented in previous papers are diverse and often inconsistent, it is suggested to propose a standardized approach for this research issue. This is not easy due to the many research threads discussed in the studied articles. Nevertheless, after the in-depth analysis of all gathered papers it can be concluded that recognized SI variables directly refer to three main areas. These three topics refer to the supplier-buyer partnership and the communication carried out with suppliers during the product development. Except that, a very common aspect is the moment and the level of involvement of the supplier in the various stages of NPD process. Some of the studies refer to the involvement of supplier base in general, whereas some of the research concentrate on a single supplier-buyer relationship. The following proposition refers to the second situation because it was advised by Wynstra and Ten Pierick (2000) that different NPD practices should be implemented depending on the segment of suppliers. Therefore, relationships with suppliers should be considered individually, especially in terms of projects on developing new products.

In the face of these observations, the following approach is proposed to measure the phenomenon of SI in product development. It is based on three

following constructs that consist of different number of items (Figure 2):

1. Degree of supplier involvement on each of the new product development stages.
2. Partnership in product development process.
3. Communication during product development process.

Each proposed construct is built based on the identified research items (Table 3) as well as the other variables from the previous studies on SI. Regarding the first construct (degree of supplier involvement), many different variants were presented in the analysed papers. They differ from each other with a number and type of NPD stages. Authors distinguish three (Wagner, 2012), four (McIvor and Humphreys, 2004) or more NPD stages (Danilovic, 2006; Cantarello et al., 2011). The new construct includes all recognized proposals by integrating them into a consistent list (Figure 3). For the previous research, especially on the early supplier involvement, it was crucial to recognize the first stage in which the supplier was engaged. That is why, the question about the first stage as well as an option '0 - lack of involvement' are suggested to be included. Engaging supplier at one of the first three listed stages is regarded as ESI (Handfield et al., 1999; Schoenherr and Wagner, 2016).

All items in a 'degree of supplier involvement' construct (Figure 3) are the NPD stages that were usually distinguished by authors in the analysed papers. Like in the previous papers, first three stages concern early supplier involvement (Handfield et al., 1999; Wagner, 2012):

- Idea generation and screening the ideas (e.g. Hartley, Zirger and Kamath, 1997; Handfield et al., 1999; Parker, Zsidisin and Ragatz, 2008; Klioutch and Leker, 2011).

Figure 4

Partnership in product development process

PARTNERSHIP IN PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS

1. Cooperation with the supplier was based on partner relations
2. Cooperation with the supplier was based on jointly set goals
3. Cooperation with the supplier was based on mutual willingness to develop a long-term relationship
4. Cooperation with the supplier was based on equitable risk and reward sharing
5. Cooperation with the supplier was based on sharing knowledge
6. Cooperation with the supplier was based on sharing cost information
7. Cooperation with the supplier was based on the sharing physical assets
8. Cooperation between the company's employees and the supplier's employees was very close
9. Cooperation with the supplier was based on mutual supporting in the improvement of e.g. quality, production capacity
10. Cooperation with the supplier involved various levels of management

Source: own study

- Technical and business assessment (e.g. Handfield et al., 1999; McIvor and Humphreys, 2004; Danilovic, 2006; Spaulding and Wood, 2006; Parker, Zsidisin and Ragatz, 2008; Klioutch and Leker, 2011).
- Product concept development (e.g. Handfield et al. 1999; Wynstra, Weggemann and Van Weele, 2001; McIvor and Humphreys, 2004).
- Product design and engineering (e.g. Handfield et al., 1999; Wynstra, Weggemann and Van Weele, 2001; McIvor and Humphreys, 2004; Cantarello et al., 2011; Klioutch and Leker, 2011).
- Technological process design (e.g. Wagner, 2012; Lyu and Chang, 2007).
- Planning and control of production processes (e.g. McIvor and Humphreys, 2004; Kähkönen, Lintukangas and Hallikas, 2015);
- Prototype building, test and pilot (e.g. Handfield et al., 1999; Wynstra, Weggemann and Van Weele, 2001; Jayaram, 2008; Wagner, 2012).
- Supply chain design in the sense of selection of supply sources or distribution channels (e.g. Wagner, 2012).
- Commercialization of product (e.g. Spaulding and Woods, 2006; Cantarello et al., 2011; Najafi et al., 2013).
- Full-scale production in the sense of production development and improvement (e.g. McIvor and Humphreys, 2004; Sjödin and Eriksson, 2010; Cagli, Kechidi and Levy, 2012).

Next construct, which is the 'partnership in product development process' refers to various practices that determine win-win cooperation as well as NPD success (Figure 4). Several items are

proposed here, following past research considerations:

- Cooperation with the supplier was based on partner relations (e.g. Hoegl and Wagner, 2005; Li, Gu and Wang, 2010; Wagner, 2012).
- Cooperation with the supplier was based on jointly set goals (e.g. Hoegl and Wagner, 2005; Parker, Zsidisin and Ragatz, 2008; Wagner, 2010; Kähkönen, Lintukangas and Hallikas, 2015).
- Cooperation with the supplier was based on mutual willingness to develop a long-term relationship (e.g. Primo and Amundson, 2002; Song, Song and Di Benedetto, 2011).
- Cooperation with the supplier was based on equitable risk and reward sharing (e.g. McGinnis and Vallopra, 1999).
- Cooperation with the supplier was based on sharing such knowledge as technical/technological (e.g. McGinnis and Vallopra, 1999; Hoegl and Wagner, 2005; Jayaram 2008; Chien and Chen, 2010).
- Cooperation with the supplier was based on sharing cost information (e.g. McGinnis and Vallopra, 1999; Hoegl and Wagner, 2005; Jayaram, 2008; Chien and Chen, 2010).
- Cooperation with the supplier was based on the sharing physical assets, for example plant or only equipment (e.g. Birou and Fawcett, 1994; Bozdogan et al., 1998; McGinnis and Vallopra, 1999; Parker, Zsidisin and Ragatz, 2008).
- Cooperation between the company's employees and the supplier's employees was very close. For example, product development team consisted of employees of the company and the supplier (e.g.

Figure 5

Communication during product development process

COMMUNICATION DURING PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS

1. Communication was frequent
2. Communication was extensive
3. Communication was in friendly atmosphere
4. Communication involved employees from various departments of the company and employees from various departments of the supplier
5. Cooperation with the supplier was based on communication using traditional methods
6. Cooperation with the supplier was based on communication with the use of advanced information and communication tools

Source: own study

Fan, Russel and Run, 2000; Primo and Amundson, 2002).

- Cooperation with the supplier was based on mutual supporting in the improvement of e.g. quality, production capacity, through the specific activities: education and training programs, audits (e.g. Birou and Fawcett, 1994; Ragatz, Handfield and Petersen, 2002).
- Cooperation with the supplier involved various levels of management, e.g. strategic and operational (e.g. McGinnis and Vallopra, 1999; McIvor, Humphreys and Cadden, 2006; Van Echtelt, Wynstra and van Weele, 2007; Van Echtelt et al., 2008).

For all above items (Figure 3, Figure 4), the following question is proposed: 'please, indicate to what extent you agree with the following statement'. The seven (or five) point Likert scale is suggested too. The same assumptions apply to the last proposed construct.

The research on 'communication during product development process' usually covered communication frequency and intensity. However, an in depth analysis of identified papers also led to the inclusion of other issues for the communication construct, like for example cross-functional integration (Figure 5):

- Communication was frequent (e.g. Hartley, 1997; Culley, Boston and McMahon, 1999; Hoegl and Wagner, 2005; Jayaram, 2008).
- Communication was extensive (e.g. Tavani et al., 2013; Hoegl and Wagner, 2005).
- Communication was in friendly atmosphere (e.g. Wagner and Hoegl, 2006).
- Communication involved employees from various departments of the company and employees from various departments of the supplier (e.g. Birou and Fawcett, 1994; Dowlatshahi, 1998; Swink, 1999; Maffin and Braiden, 2001; Lakemond,

Berggren and van Weele, 2006; Parker, Zsidisin and Ragatz, 2008).

- Cooperation with the supplier was based on communication using traditional methods, which can be a telephone, fax or direct meetings (e.g. Birou and Fawcett, 1994; Hartley, 1997; Culley, Boston and McMahon, 1999).
- Cooperation with the supplier was based on communication with the use of advanced information and communication tools (e.g. Tang, Eversheim and Schuh, 2004; Huang, Mak and Humphreys, 2003).

Summarizing, many authors have referred to various variables in research on SI. The presented approach takes into account and organizes them into three latent constructs defined by 26 observable indicators. In the further stage of the research they are going to be verified using the statistical analyses.

Conclusions

The paper provides both theoretical and practical implications. The systematic literature review allowed to build the first comprehensive approach to the SI measurement that can be used in future research. Simultaneously, all identified items can be a guide for managers on key determinants of joint product development. It is also possible to transfer these practices to the relationships with other participants in NPD process.

The partnership construct as well as the communication construct can also be used to study joint projects with a different themes from product development. For example, these can be projects focused on the supplier development or improvement of supply chain maturity.

Although the issue of SI has been present in the

literature for the last several decades, this topic still requires new studies, especially in the face of an increasing rate of technological changes and growing role of innovations for building competitive advantage. There are many areas that can be studied in the future in terms of their relations with SI in product and process development, e.g. design for circular economy (Bocken et al., 2016), design of resilient supply chains (Bak, 2018), developing open innovations (Ebersberger, 2012) or building relational capital in supplier-buyer cooperation (Ocicka and Wieteska, 2019). Despite the diversity of research threads, the proposed approach to SI measurement can be applied to each of them due to its scope.

This work has several limitations. First it is SLR, so it used secondary sources and desk research method. However, the methodical rigor and detailed analysis of the quantitative methods used by scientists over the last 30 years guarantees a high level of quality of the framework. A developed

approach to SI measurement hasn't been verified yet. However, it can be assumed that the it is highly appropriate due to the fact that it is based on previous considerations and constructs so-far confirmed. Finally, although the 126 papers were studied very carefully, some items may have been unintentionally underestimated due to the multithreading nature of the research carried out so far. But yet, three proposed constructs refer to the most common and important aspects of past studies.

Acknowledgments

The paper is a result of the project "Flexibility in relationships with suppliers in terms of supplier-purchaser models of cooperation on product development in the B2B market", no. 2016/21/B/HS4/00665, that is financed by the National Science Centre (NCN) in Poland.

References

- Adegbile, A., Sarpong, D., Meissner, D. (2017). Strategic foresight for innovation management: A review and research agenda. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 14(04), 1750019. <https://doi.org/10.1142/S0219877017500195>
- Bahemia, H., Squire, B., Cousins, P. (2017). A multi-dimensional approach for managing open innovation in NPD. *International Journal of Operations and Production Management*, 37(10), 1366–1385. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2015-0415>
- Bak, O. (2018). Supply chain risk management research agenda: From a literature review to a call for future research directions. *Business Process Management Journal*, 24(2), 567–588. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2017-0021>
- Birou, L. M., Fawcett, S. E. (1994). Supplier Involvement in Integrated Product Development: A Comparison of US and European Practices. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 2(5), 4–14. <https://doi.org/10.1108/09600039410063982>
- Bocken, N. M., de Pauw, I., Bakker, C., van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bozdogan, K., Deyst, J., Hoult, D., Lucas, M. (1998). Architectural innovation in product development through early supplier integration. *R&D Management*, (28), 163–173. <https://doi.org/10.1111/1467-9310.00093>
- Brewer, B., Arnette, A. N. (2017). Design for procurement: What procurement driven design initiatives result in environmental and economic performance improvement?. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 23 (1), 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2016.06.003>
- Cantarello, S., Nosella, A., Petroni, G., Venturini, K. (2011). External technology sourcing: evidence from design-driven innovation. *Management Decision*, 4(6), 962–983. <https://doi.org/10.1108/00251741111143630>
- Cagli, A., Kechidi, M., Levy, R. (2012). Complex product and supplier interfaces in aeronautics. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(6), 717–732. <https://doi.org/10.1108/17410381211253308>
- Carr, A. S., Kaynak, H., Hartley, J. L., Ross, A. (2008). Supplier dependence: Impact on supplier's participation and performance. *International Journal of Operations and Production Management*, 28(9), 899–916. <https://doi.org/10.1108/01443570810895302>
- Dowlatshahi, S. (1998). Implementing early supplier involvement: a conceptual framework. *International Journal of Operations and Production Management*, 18(2), 143–167. <https://doi.org/10.1108/01443579810193285>
- Cheng, C. C., Krumwiede, D. (2018). Enhancing the performance of supplier involvement in new product development: the enabling roles of social media and firm capabilities. *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(3), 171–187. <https://doi.org/10.1108/SCM-07-2017-0230>
- Chien, S. H., Chen, J. J. (2010). Supplier involvement and customer involvement effect on new product development success in the financial service industry. *The Service Industries Journal*, 30(2), 185–201. <https://doi.org/10.1080/02642060802116354>
- Culley, S. J., Boston, O. P., McMahon, Ch. A. (1999). Suppliers in New Product Development: Their Information and Integration. *Journal of Engineering Design*, 10(1), 59–75. <https://doi.org/10.1080/095448299261425>
- Danese, P., Filippini, R. (2010). Modularity and the impact on new product development time performance: Investigating the moderating effects of supplier involvement and interfunctional integration. *International Journal of Operations and Production Management*, 30(11), 1191–1209. <https://doi.org/10.1108/01443571011087387>
- Danilovic, M. (2006). Bring your suppliers into your projects — managing the design of work packages in product development. *Journal of Purchasing and Supply Management*, (12), 246–257. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2006.10.009>
- Ebersberger, B., Bloch, C., Herstad, S. J., Van De Velde, E. L. S. (2012). Open innovation practices and their effect on innovation performance. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 9(06), 1250040. <https://doi.org/10.1142/S021987701250040X>

- Fan, I. S., Russell, S., Lunn, R. (2000). Supplier knowledge exchange in aerospace product engineering. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 72(1), 14–17. <https://doi.org/10.1108/00022660010308624>
- Feng, T., Wang, D. (2013). Supply chain involvement for better product development performance. *Industrial Management and Data Systems*, 113, 2: 190–206. <https://doi.org/10.1108/02635571311303532>
- Feng, T., Li, T., Sun, L., Wang, D. (2013). External involvement and operational performance: the mediating role of internal integration. *Chinese Management Studies*, 7(3), 488–507. <https://doi.org/10.1108/CMS-Feb-2012-0023>
- Feng, T., Sun, L., Sohal, A. S., Wang, D. (2014). External involvement and firm performance: is time-to-market of new products a missing link? *International Journal of Production Research*, 52(3), 727–742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.828177>
- Fossas-Olalla, M., Minguela-Rata, B., López-Sánchez, J. I., Fernández-Menéndez, J. (2015). Product innovation: When should suppliers begin to collaborate? *Journal of Business Research*, 68(7), 1404–1406. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.01.022>
- Handfield, R. B., Ragatz, G. L., Petersen, K. J., Monczka, R. M. (1999). Involving Suppliers in New Product Development. *California Management Review*, 42(1), 59–82. <https://doi.org/10.2307/41166019>
- Hartley, J. L., Zirger, B. J., Kamath, R. R. (1997). Managing the buyer-supplier interface for on-time performance in product development. *Journal of Operations Management*, (15), 57–70. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(96\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(96)00089-7)
- Hoegl, M., Wagner, S. M. (2005). Buyer-supplier collaboration in product development projects. *Journal of Management*, 31(4), 530–548. <https://doi.org/10.1177/0149206304272291>
- Huang, G. Q., Mak, K. L., Humphreys, P.K. (2003). A new model of the customer-supplier partnership in new product development. *Journal of Materials Processing Technology*, (138), 301–305. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00089-X)
- Jayaram, J. (2008). Supplier involvement in new product development projects: dimensionality and contingency effects. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3717–3735. <https://doi.org/10.1080/00207540600787010>
- Kähkönen, A. K., Lintukangas, K., Hallikas J. (2015). Buyer's dependence in value creating supplier relationships. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(2), 151–162. <https://doi.org/10.1108/SCM-02-2014-0062>
- Klioutch, I., Leker, J. (2011). Supplier involvement in customer new product development: new insights from the supplier's perspective. *International Journal of Innovation Management*, 15(1), 231–248. <https://doi.org/10.1142/S1363919611003143>
- Lakemond N., Berggren Ch. van Weele A., (2006). Coordinating supplier involvement in product development projects: a differentiated coordination typology. *R&D Management*, 36(1), 55–66. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2005.00415.x>
- Li, S., Gu, S., Wang, Q. (2010). An empirical study on the influencing factors of supplier involvement in new product development. *Frontiers of Business Research in China*, 4(3), 451–484. <https://doi.org/10.1007/s11782-010-0106-z>
- Luo, C., Mallick, D. N., Schroeder, R. G. (2010). Collaborative product development: Exploring the role of internal coordination capability in supplier involvement. *European Journal of Innovation Management*, 13(2), 244–266. <https://doi.org/10.1108/14601061011040276>
- Luzzini, D., Amann, M., Caniato, F., Essig, M., Ronchi, S. (2015). The path of innovation: purchasing and supplier involvement into new product development. *Industrial Marketing Management*, (47), 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.02.034>
- Lyu, J., Chang, L. Y. (2007). Early involvement in the design chain—a case study from the computer industry. *Production Planning and Control*, 18(3), 172–179. <https://doi.org/10.1080/09537280600997911>
- Maffin, D., Braiden, P. (2001). Manufacturing and supplier roles in product development. *International Journal of Production Economics*, 69(2), 205–213.
- McIvor, R., Humphreys, P. (2004). Early supplier involvement in the design process: lessons from the electronics industry. *Omega* (32), 179–199. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2003.09.005>
- McGinnis, M. A., Vallopra, R. M. (1999a). Purchasing and supplier involvement: issues and insights regarding new product success. *Journal of Supply Chain Management*, 35(2), 4–15. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.1999.tb00057.x>
- Najafi Tavani, S., Sharifi, H., S. Ismail, H. (2013). A study of contingency relationships between supplier involvement, absorptive capacity and agile product innovation. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(1), 65–92. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2011-0331>
- Najafi Tavani, S., Sharifi, H., Soleimanof, S., Najmi, M. (2013). An empirical study of firm's absorptive capacity dimensions, supplier involvement and new product development performance. *International Journal of Production Research*, 51(11), 3385–3403. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.774480>
- Ocicka, B. (2018). Wpływ zarządzania kapitałem relacji z dostawcami na rozwój innowacji w łańcuchach dostaw. *Organizacja i Kierowanie*, (4), 101–116.
- Ocicka B., Wieteska G. (2019) *An exploration of the measurement of relational capital in supply chains*, upcoming issue <http://www.journal.oscm-forum.org/journal/forthcoming/>
- OECD and Eurostat (2005). *Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd Edition. OECD Publishing.
- Parker, D. B., Zsidisin, G. A., Ragatz, G. L. (2008). Timing and extent of supplier integration in new product development: a contingency approach. *Journal of Supply Chain Management*, 44(1), 71–83. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2008.00046.x>
- Petersen, K. J., Handfield, R. B., Ragatz, G. L. (2003). A model of supplier integration into new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 20(4), 284–299. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.00028>
- Primo, M. A., Amundson, S. D. (2002). An exploratory study of the effects of supplier relationships on new product development outcomes. *Journal of Operations Management*, 20(1), 33–52. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00080-8)

- Pujari, D. (2006). Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. *Technovation*, 26(1), 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.07.006>
- Ragatz, G. L., Handfield, R. B., Petersen, K. J. (2002). Benefits associated with supplier integration into new product development under conditions of technology uncertainty. *Journal of Business Research*, (55), 389–400. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(00\)00158-2](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(00)00158-2)
- Saunders, L. W., Kleiner, B. M., McCoy, A. P., Lingard, H., Mills, T. Blismas, N., Wakefield R. (2015). The effect of early supplier engagement on social sustainability outcomes in project-based supply chains. *Journal of Purchasing and Supply Management*, (21), 285–295. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2015.05.004>
- Schoenherr, T., Wagner, S. M. (2016). Supplier involvement in the fuzzy front end of new product development: An investigation of homophily, benevolence and market turbulence. *International Journal of Production Economics*, (180), 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.06.027>
- Sjödin, D. R., Eriksson, P. E. (2010). Procurement procedures for supplier integration and open innovation in mature industries. *International Journal of Innovation Management*, 14(4), 655–682. <https://doi.org/10.1142/S1363919610002817>
- Song L. Z., Song M., Di Benedetto, C. A. (2011). Resources, supplier investment, product launch advantages, and first product performance. *Journal of Operations Management*, (29), 86–104. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.07.003>
- Spaulding, A. D., Woods, T. A. (2006). An Analysis of the Relationship between Supply-Chain Management Practices and New Product Development Time: A Case of the North American Confectionery Manufacturers. *Journal of Food Distribution Research*, 37(2), 1.
- Swink, M. (1999). Threats to new product manufacturability and the effects of development team integration processes. *Journal of Operations Management*, 17(6), 691–709. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(99\)00027-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(99)00027-3)
- Najafi Tavani, S., Sharifi, H., Soleimanof, S., Najmi, M. (2013). An empirical study of firm's absorptive capacity dimensions, supplier involvement and new product development performance. *International Journal of Production Research*, 51(11), 3385–3403. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.774480>
- Tang, D., Eversheim, W., Schuh, G. (2004). A new generation of cooperative development paradigm in the tool and die making branch: strategy and technology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, (20), 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2003.11.001>
- Tranfield, D., Denyer, D., Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Trent, R. (2007). *Strategic Supply Management: Creating the Next Source of Competitive Advantage*. J. Ross Publishing, Fort Lauderdale
- Urbaniak, M. (2017). Budowanie relacji w procesach rozwoju innowacji produktowych. *Studia Ekonomiczne*, (321), 9–19.
- Van Echtelt, F. E., Wynstra, F., van Weele, A. J. (2007). Strategic and operational management of supplier involvement in new product development: a contingency perspective. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(4), 644–661. <https://doi.org/10.1109/TEM.2007.906858>
- Van Echtelt, F. E. A., Wynstra, F., Van Weele, A. J., Duysters, G. (2008). Managing Supplier Involvement in New Product Development: A Multiple-Case Study. *Journal of Product Innovation Management*, (25), 180–201. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2008.00293.x>
- Wagner, S. M., Hoegl, M. (2006). Involving suppliers in product development: Insights from RandD directors and project managers. *Industrial Marketing Management*, 35(8), 936–943. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.10.009>
- Winner, R. I., Pennell, J. P., Bertrand, H. E., Slusarczyk, M. M. (1988). *The role of concurrent engineering in weapons system acquisition* (IDA-R-338). Institute for Defense Analyses Alexandria VA.
- Wynstra, F., Ten Pierick, E. (2000). Managing supplier involvement in new product development: a portfolio approach. *European Journal of Purchasing Supply Management*, (6), 49–57. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(99\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(99)00035-0)
- Wynstra, F., Van Weele, A., Weggemann, M. (2001). Managing Supplier Involvement in Product Development: Three Critical Issues. *European Management Journal*, 19(2), 157–167. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(00\)00090-6](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(00)00090-6)
- Zsidisin, G. A., Smith, M. E. (2005). Managing Supply Risk with Early Supplier Involvement: A Case Study and Research Propositions. *The Journal of Supply Chain Management*, 41(4), 44–57. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2005.04104005.x>
- Ye, Y., Huo, B., Zhang, M., Wang, B., Zhao, X. (2018). The impact of modular designs on new product development outcomes: the moderating effect of supply chain involvement. *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(5), 444–458. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0021>

Zapraszamy na naszą stronę internetową

www.gmil.pl



NOWOŚĆ



Ryszard Knosala
Kamila Tomczak-Horyń
Barbara Wasilewska

NPI Nauka i Praktyka
Innowacji

Kreatywność pracowników i twórcze zespoły

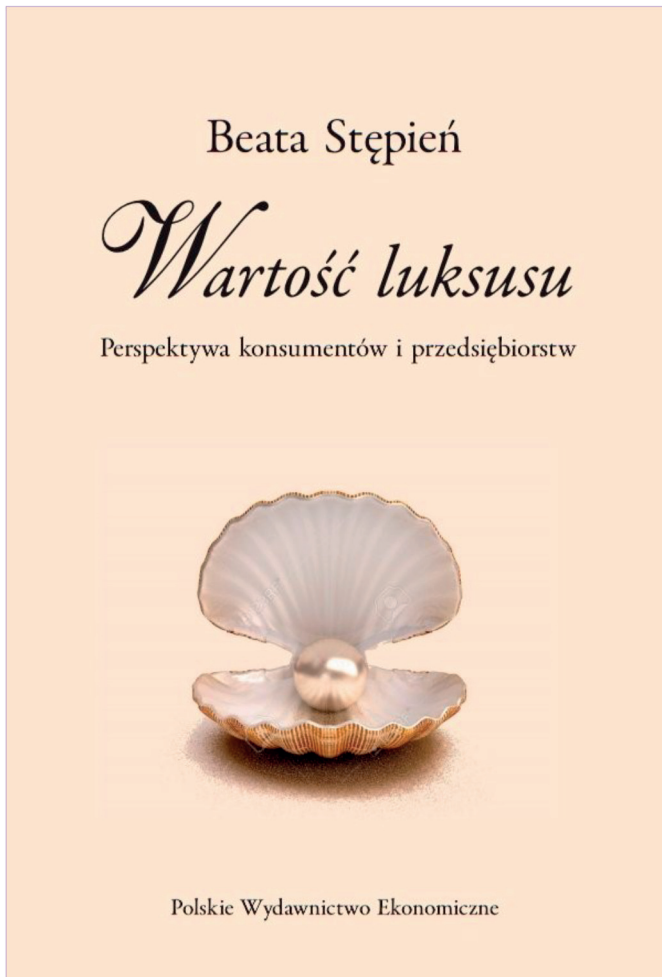


Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne

Przedsiębiorstwo, aby było innowacyjne, musi poszukiwać pracowników o najwyższej zdolności do kreatywnego myślenia i twórczego rozwiązywania problemów. Wyłonienie takich osób wymaga odpowiednich narzędzi pomiaru i oceny kreatywności. Autorzy książki opracowali takie narzędzia i wielokrotnie je przetestowali w różnych przedsiębiorstwach. Kreatywne myślenie wymagane jest nie tylko od przyszłych pracowników, ale również od już zatrudnionych w przedsiębiorstwach. Dokonując oceny kreatywności pracowników, można wyłowić spośród nich twórcze osoby i umożliwić im odpowiednią ścieżkę kariery i rozwoju. Ocena kreatywności pracowni-

ków jest też niezbędnym elementem budowy zespołów twórczych profesjonalistów. Książka w przystępny sposób opisuje, jak tworzyć takie zespoły, zawiera wyniki prowadzonych badań własnych autorów oraz propozycje rozwoju kreatywności powstałe na bazie współpracy z przedsiębiorstwami.

Księgarnia internetowa: www.pwe.com.pl



Globalna fala demokracji luksusu i dynamicznie rosnące grupy aspirujących konsumentów z szybko rozwijających się gospodarek skłaniają do pytań o to:

- jak współcześnie jest postrzegany luksus, co obecnie stanowi o jego wartości?
- jakie cechy luksusu konsumenci z nowych rynków cenią najwyżej i dlaczego?
- jak zmienia się globalny biznes luksusu i dokąd zmierza?

Książka jest próbą odpowiedzi na te pytania. Ukazano w niej, jak konsumenci postrzegają i hierarchizują poszczególne składniki wartości dóbr uważanych za zbędne, a których sprzedaż od dekad dynamicznie rośnie.

Opisano też zawilości pojmowania luksusu i rozwoju rynku dóbr luksusowych przez pryzmat stopniowych odstępstw od reguł, którym hołdowano przez wieki. W monografii podjęto też próbę empirycznego zbadania, jak postrzegają dobra luksusowe konsumenci na wschodzących rynkach luksusu (z Polski, Turcji, Arabii Saudyjskiej, Indii i Portugalii) i jakie czynniki różnicują to postrzeganie w kategoriach wartości, które symbolizują w porównaniu z konsumentami z tzw. starej kolebki luksusu. Wykazano, że to segmenty konsumentów skonstruowane na podstawie kryteriów psychograficznych najtrafniej przedstawiają zróżnicowane podejście do oceny wartości luksusu w skali międzynarodowej.

Sprzedaż hurtowa i detaliczna:

księgarnia internetowa: www.pwe.com.pl

e-mail: ksiegarnia@pwe.com.pl

Cena 59,90 zł (VAT 5%)