

**Monografia pod redakcją Doroty Stadnickiej**

# **Problemy w obszarach produkcyjnych**

**Część 2. Pracownik i technologie przyszłości**

**STUDIA PRZYPADKÓW**

**KOMPENDIUM WIEDZY**



**OFICyna  
WYDAWNICZA**  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Wydano za zgodą Rektora

R e c e n z e n t

dr hab. inż. Arkadiusz GOLA, prof. PL

R e d a k t o r n a c z e l n y

Wydawnictw Politechniki Rzeszowskiej

dr hab. inż. Lesław GNIEWEK, prof. PRz

R e d a k t o r n a u k o w y

dr hab. inż. Dorota STADNICKA, prof. PRz

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

Politechniki Rzeszowskiej

R e d a k t o r

Marzena TARAŁA

S k ł a d i ł a m a n i e

Mariusz TENDERA

P r o j e k t o k ł a d k i

Aleksandra AUGUSTYN

*problemy produkcyjne, zarządzanie kompetencjami, zarządzanie infrastrukturą techniczną, organizacja produkcji, doskonalenie produkcji, systemy informatyczne cyfryzacja przedsiębiorstwa*

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej  
Rzeszów 2021



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

Praca na licencji Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0). Licencja daje prawo do dzielenia się, wykorzystywania w kolejnych utworach, pod warunkiem oznaczenia autorstwa i dokonywanych zmian w utworze oraz dodatkowo pod warunkiem, że nowy utwór, stworzony przez zmianę utworu czy na podstawie utworu udostępnionego na zasadzie tej licencji będzie dalej podlegał ochronie, która nie jest bardziej restrykcyjna niż licencja CC BY-SA 4.0.

ISBN 978-83-7934-495-6

e-ISBN 978-83-7934-499-4

Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej  
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

Ark. wyd. 14,23. Ark. druk. 14,50.

Złożono do redakcji w lutym 2021 r. Wydrukowano w sierpniu 2021 r.  
Drukarnia Oficyny Wydawniczej, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów  
Zam. nr 44/21

## Spis treści

<b>Wykaz skrótów .....</b>	<b>7</b>
<b>Wprowadzenie (Dorota Stadnicka) .....</b>	<b>11</b>
<b>Rozdział 1. Zarządzanie kompetencjami pracowników.....</b>	<b>15</b>
1.1. Doskonalenie umiejętności pracowników przez szkolenia ( <i>Ilona Tokarz</i> ).....	15
1.2. Coaching jako jedna z metod zwiększania kompetencji pracowników ( <i>Artur Zbyrad</i> ).....	18
1.3. Motywowanie jako sposób rozwoju kompetencji pracowników ( <i>Dominika Rajca</i> ) .....	21
1.4. Zarządzanie kompetencjami pracowników z wykorzystaniem macierzy kompetencji ( <i>Krzysztof Ufnal</i> ).....	24
1.5. Pracownicy i ich kompetencje w zarządzaniu wiedzą organizacji ( <i>Aneta Walawender</i> ).....	27
1.6. Delegowanie odpowiedzialności i egzekwowanie zadań ( <i>Konrad Korcz</i> ) .....	30
1.7. Całkowita efektywność pracy ( <i>Piotr Ziobro</i> ).....	33
1.8. Rozwiązywanie problemów i podejmowanie decyzji w zespole produkcyjnym ( <i>Tomasz Gortych</i> ).....	37
<b>Rozdział 2. Zarządzanie parkiem maszyn technologicznych .....</b>	<b>43</b>
2.1. Metoda 5S ( <i>Krzysztof Ufnal</i> ).....	43
2.2. TPM (ang. <i>Total Productive Maintenance</i> ) – kompleksowe utrzymanie ruchu ( <i>Magdalena Wisz</i> ) .....	50
2.3. OEE – całkowita wydajność maszyn ( <i>Katarzyna Piwońska</i> ) .....	55
2.4. Rozwój pracownika a wzrost efektywności maszyn ( <i>Adam Szczęch</i> )...	59
2.5. Standardy CIL – czyszczenie, inspekcja, smarowanie ( <i>Piotr Oleńczuk</i> ).....	62
2.6. SMED – metoda skracania czasu przezbrajania maszyn i urządzeń ( <i>Mateusz Żurawicz</i> ).....	66
2.7. Metoda 3P ( <i>Dominika Dyło</i> ) .....	70
2.8. Metoda Poka-Yoke i system SQC (ang. <i>Statistical Quality Control</i> ) ( <i>Paweł Pociask</i> ) .....	73
<b>Rozdział 3. Cyfryzacja przedsiębiorstw .....</b>	<b>79</b>
3.1. Strategie cyfryzacji przedsiębiorstwa ( <i>Patrycja Wójcik</i> ) .....	79
3.2. SAP ERP ( <i>Arkadiusz Linder</i> ).....	84

3.3. ERP Impuls EVO ( <i>Bartłomiej Wójcik</i> ) .....	87
3.4. System klasy MES (ang. <i>Manufacturing Execution System</i> ) ( <i>Tomasz Kobylarz</i> ) .....	90
3.5. System klasy PLM (ang. <i>Product Lifecycle Management</i> ) ( <i>Robert Sitek</i> ) .....	96
3.6. Systemy klasy CAD ( <i>Aneta Żurek</i> ).....	99
3.7. Systemy klasy CAM ( <i>Krzysztof Walawender</i> ).....	104
3.8. Symulacje pracy linii produkcyjnych ( <i>Sylwia Młynarczyk</i> ).....	107
3.9. Przetwarzanie dużych zbiorów danych ( <i>Dominik Wicek</i> ).....	110
3.10. Cyfrowe bliźniaki linii produkcyjnych ( <i>Anna Krzyszkowska</i> ) .....	113
3.11. Metody sztucznej inteligencji wspomagające procesy podejmowania decyzji ( <i>Paulina Kudroń</i> ) .....	117
3.12. Wirtualna rzeczywistość w przemyśle ( <i>Dariusz Breś</i> ).....	121
3.13. Business Intelligence ( <i>Mateusz Matuszek</i> ).....	125
<b>Studia przypadków.....</b>	<b>131</b>
Matryca powiązań .....	131
P1. Analiza wskaźnika efektywności pracowników ( <i>Piotr Ziobro</i> ).....	132
P2. Zastosowanie programów komputerowych w ramach pracy zdalnej w przedsiębiorstwie produkcyjnym ( <i>Patrycja Wójcik</i> ) .....	135
P3. Wprowadzenie coachingu dla trenerów wewnętrznych firmy z branży lotniczej ( <i>Anna Krzyszkowska</i> ) .....	139
P4. Wdrożenie coachingu w firmie z branży lotniczej ( <i>Artur Zbyrad</i> ) .....	142
P5. Optymalizacja procesu pracy pracowników przez wdrożenie w przedsiębiorstwie innowacyjnego systemu poczty pneumatycznej ( <i>Aneta Walawender</i> ).....	144
P6. Możliwości poprawy organizacji pracy warsztatu dzięki metodzie 5S ( <i>Magdalena Wisz</i> ).....	148
P7. Poprawa organizacji pracy na stanowisku roboczym przez wprowadzenie metody 5S ( <i>Jan Kiwała</i> ).....	154
P8. Doskonalenie procesu rozciągania kanału wylotu turbiny ( <i>Arkadiusz Linder</i> ).....	156
P9. Zastosowanie metody Poka-Yoke w celu wyeliminowania błędów podczas przezbierania maszyny ( <i>Dominik Wyskiel</i> ).....	158
P10. Wdrożenie metody SMED w przedsiębiorstwie zajmującym się wytwarzaniem konstrukcji stalowych ( <i>Małgorzata Wojtala</i> ).....	162
P11. Standaryzacja procesów przezbierania na liniach produkcyjnych typu szlifierki CNC ( <i>Konrad Korcz</i> ) .....	166
P12. Dostosowanie parku maszynowego do wymagań Dyrektywy 2009/104/WE na przykładzie nożyc gilotynowych ( <i>Tomasz Gortych</i> ).....	169
P13. Wykorzystanie wskaźnika OEE do redukcji kosztów produkcji w przedsiębiorstwie produkcyjnym ( <i>Ilona Tokarz</i> ).....	173

P14. Zastosowanie oraz wpływ standardów CIL na efektywność procesu wytwórczego przedsiębiorstwa ( <i>Piotr Oleńczuk</i> ).....	176
P15. Analiza systemu pomiarowego z wykorzystaniem metody Gauge R&R ( <i>Mateusz Matuszek</i> ).....	177
P16. Analiza wpływu temperatury na dokładność pomiaru ( <i>Mateusz Gajda</i> ) .....	180
P17. Doskonalenie procesu inspekcji oraz serializacji dysków z zastosowaniem nowych narzędzi ( <i>Adam Kamiński</i> ).....	182
P18. Automatyzacja pomiarów w przedsiębiorstwie z branży lotniczej ( <i>Adam Sarama</i> ).....	185
P19. Wpływ automatyzacji procesów produkcyjnych na efektywność i wydajność współczesnych przedsiębiorstw ( <i>Paweł Pociask</i> ) .....	188
P20. Rozwój robotyki we współczesnym systemie produkcyjnym ( <i>Sylwester Fuglewicz</i> ).....	192
P21. Elektroniczna dokumentacja i informatyzacja stanowisk przy obróbce skrawaniem ( <i>Krzysztof Walawender</i> ) .....	195
P22. Zastosowanie systemów CAD oraz metod szybkiego prototypowania w projektowaniu technicznym ( <i>Piotr Skwierz</i> ) .....	197
P23. Wdrożenie elektronicznego systemu przydzielania zadań w sekcji technologicznej ( <i>Kamil Biały</i> ).....	201
P24. Wpływ systemu klasy ERP na płynny przepływ informacji między poszczególnymi działami ( <i>Joanna Baj</i> ) .....	205
P25. Zastosowanie systemu EVOP w przedsiębiorstwie produkcyjnym ( <i>Bartłomiej Wójcik</i> ) .....	207
P26. Doskonalenie zarządzania procesami produkcji przez wdrożenie systemu klasy MES w przedsiębiorstwie produkcyjnym ( <i>Tomasz Kobylarz</i> ).....	211
P27. Zastosowanie systemu klasy PLM w przedsiębiorstwie produkcyjnym ( <i>Robert Sitek</i> ).....	218
P28. Wdrożenie elektronicznej bazy danych do zarządzania magazynem chemicznym oraz jego modernizacja w przedsiębiorstwie produkcyjnym ( <i>Dominika Rajca</i> ) .....	222
P29. Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości do wyeliminowania błędów ludzkich w procesie montażu ( <i>Dariusz Breś</i> ) .....	224
P30. Wprowadzenie programu do analizy dużych zbiorów danych w firmie produkcyjnej ( <i>Dominik Wicek</i> ) .....	226
<b>Streszczenie</b> .....	<b>229</b>
<b>Summary</b> .....	<b>231</b>





## Wykaz skrótów

5S	– selekcja, systematyka, sprzątanie, standaryzacja, samodyscyplina
AM	– ang. <i>Autonomous Maintenance</i> – obsługa autonomiczna
APS	– ang. <i>Advanced Planning &amp; Scheduling Tools</i> – zaawansowane narzędzia do planowania i harmonogramowania
AR	– ang. <i>Augmented Reality</i> – rzeczywistość rozszerzona
B2B	– ang. <i>Business-to-Business</i> – relacja pomiędzy dwoma przedsiębiorstwami
BDA	– ang. <i>Big Data Analytics</i> – analiza dużych zbiorów danych
BDaaS	– ang. <i>Big-Data-as-a-Service</i> – duże zbiory danych jako usługa
BI	– ang. <i>Business Intelligence</i> – analityka biznesowa
CAD	– ang. <i>Computer Aided Design</i> – projektowanie wspomagane komputerowo
CAM	– ang. <i>Computer Aided Manufacturing</i> – komputerowe wspomaganie wytwarzania
CIL	– ang. <i>Cleaning, Inspection, Lubrication</i> – czyszczenie, kontrola, smarowanie
CIPD	– ang. <i>Chartered Institute of Personnel and Development</i> – Instytut Kadr i Rozwoju
CMMS	– ang. <i>Computerised Maintenance Management Systems</i> – zautomatyzowany system wspierający utrzymanie ruchu
CPS	– <i>Cyber Physical Systems</i> – systemy cyberfizyczne
CRM	– ang. <i>Customer Relationship Management</i> – zarządzanie relacjami z klientami
CRP	– ang. <i>Capacity Requirements Planning</i> – analiza zasobów
DCS	– ang. <i>Distributed Control System</i> – rozproszony system sterowania
DMAIC	– ang. <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> – definiowanie, pomiar, analiza, doskonalenie, kontrolowanie
DOE	– ang. <i>Design of Experiments</i> – projektowanie eksperymentów
EDI	– ang. <i>Electronic Data Interchange</i> – elektroniczna wymiana danych
ERP	– ang. <i>Enterprise Resource Planning</i> – planowanie zasobów przedsiębiorstwa
ETO	– ang. <i>Engineer-to-Order</i> – metoda zarządzania produkcją wyrobów konfigurowanych na żądanie

- EVOP – ang. *Evolutionary Operation* – planowanie ewolucyjne; technika optymalizacji procesu wytwarzania
- FDM – ang. *Fused Deposition Modelling* – osadzanie topionego materiału
- FEM – ang. *Finite Element Method* – metoda elementów skończonych (MES)
- GM – – gospodarka magazynowa
- HRM – ang. *Human Resources Management* – zarządzanie zasobami ludzkimi
- IC – ang. *Inventory Control* – kontrola zapasów
- IoE – ang. *Internet of Everything* – Internet Wszecznego
- IoT – ang. *Internet of Things* – Internet Rzeczy
- KM – ang. *Knowledge Management* – zarządzanie wiedzą
- KPI – ang. *Key Performance Indicators* – kluczowe wskaźniki efektywności
- Li-Fi – ang. *Light Fidelity* – bezprzewodowa technologia przesyłu danych
- LXP – ang. *Learning Experience Platform* – platforma zdobywania doświadczeń edukacyjnych
- MEMS – ang. *Microelectromechanical System* – mikroukład elektromechaniczny
- MES – ang. *Manufacturing Execution System* – system zarządzania produkcją
- MIG – ang. *Metal Inert Gas* – spawanie w osłonie gazów obojętnych
- MPS – ang. *Master Production Schedule* – harmonogram produkcji
- MRP II – ang. *Manufacturing Resource Planning* – system planowania zasobami wytwórczymi
- MRP – ang. *Material Requirements Planning* – planowanie potrzeb materiałowych
- OEE – ang. *Overall Equipment Effectiveness* – całkowita efektywność wyposażenia
- OEM – ang. *Original Equipment Manufacturer* – producent oryginalnego wyposażenia
- OLE – ang. *Overall Labor Effectiveness* – całkowita efektywność pracy
- OPL – ang. *One Point Lesson* – lekcja jednotematyczna
- PAW – ang. *Plasma Arc Welding* – spawanie łukiem plazmowym
- PLC – ang. *Programmable Logic Controller* – programowalny sterownik logiczny
- PLM – ang. *Product Lifecycle Management* – zarządzanie cyklem życia produktu
- PRM – ang. *Partner Relationship Management* – zarządzanie relacjami z partnerami
- PZ – – przyjęcie zewnętrzne
- RCCP – ang. *Rough-Cut Capacity Planning* – zgrubna analiza kluczowych zasobów



RCE	– ang. <i>Root Cause Analysis</i> – analiza przyczyn źródłowych
RFID	– ang. <i>Radio-Frequency Identification</i> – systemy (zdalnej) identyfikacji radiowej
SLM	– ang. <i>Selective Laser Melting</i> – selektywne stapianie wiązką lasera
SMART	– ang. <i>Specific, Measurable, Acceptable, Reliable, Time-banded</i> – konkretne, mierzalne, akceptowalne, niezawodne, ograniczone w czasie
SMED	– ang. <i>Single Minute Exchange of Die</i> – metoda skracania czasu przebrojeń
SQC	– ang. <i>Statistical Quality Control</i> – statystyczna kontrola jakości
SRM	– ang. <i>Supplier Relationship Management</i> – zarządzanie relacjami z dostawcami
TPM	– ang. <i>Total Productive Maintenance</i> – całkowite produktywne utrzymanie ruchu maszyn
TPS	– ang. <i>Toyota Production System</i> – system produkcyjny Toyoty
VR	– ang. <i>Virtual Reality</i> – rzeczywistość wirtualna
WF	– ang. <i>Work Flow</i> – przepływ pracy
WMS	– ang. <i>Warehouse Management System</i> – zarządzanie magazynem
WSN	– ang. <i>Wireless Sensor Network</i> – bezprzewodowa sieć czujnikowa
WZ	– wydanie zewnętrzne
ZQC	– ang. <i>Zero Quality Control</i> – zerowa kontrola jakości





## Wprowadzenie (Dorota Stadnicka)

W przedsiębiorstwach występuje wiele problemów, które zajmują czas pracowników i zużywają zasoby. W pierwszej kolejności to od kompetencji pracowników, jak również ich zaangażowania zależy, jak szybko problemy te zostaną rozwiązane i czy rozwiązania przyniosą oczekiwane efekty. Istotne znaczenie ma więc odpowiednie motywowanie pracowników, jak również uzbrajanie ich w wiedzę i umiejętności, które ułatwią prowadzenie analiz problemów oraz poszukiwanie rozwiązań (Zhou i in., 2012; Chlpeková i in., 2014).

Problemy występujące w przedsiębiorstwach mogą być rozwiązywane z wykorzystaniem dobrze znanych metod zarządzania jakością, czy też *Lean Manufacturing* (Antosz i in., 2018; Antosz i Stadnicka, 2017) lub przez wdrażanie nowoczesnych technologii, które pozwalają na poprawę wydajności operacyjnej systemów produkcyjnych (Tortorella i in., 2021).

W ostatnim czasie w przemyśle pojawiły się różne technologie wspierające cyfryzację realizowanych procesów, a przez to ich bieżące monitorowanie, natychmiastowe wychwytywanie problemów, czy nawet przewidywanie problemów zanim one wystąpią (Gralewicz, 2015). Do korzyści dla przedsiębiorstw z wdrożenia rozwiązań z obszaru Przemysłu 4.0 zalicza się m.in. oszczędności, elastyczność oraz skrócenie czasu realizacji produkcji (Kiraga, 2016). Wiedza na temat nowoczesnych technologii ułatwi pracownikom dążenie do doskonalenia procesów organizacji.

Niniejsze kompendium wiedzy zajmuje się problemami występującymi w obszarach produkcyjnych. Na początku zaprezentowano teoretyczną podbudowę dotyczącą kwestii istotnych z punktu widzenia rozwiązywania problemów.

Pierwszy rozdział opisuje zagadnienia dotyczące zarządzania kompetencjami pracowników, zwracając uwagę nie tylko na rozwój kompetencji, ale również ocenę efektywności pracy pracowników i ich zaangażowanie w proces rozwiązywania problemów. Podkreślono rolę innowacyjnych metod podnoszenia kompetencji pracowników (Garski, 2009; Mikołajczyk, 2020). Rozdział ten dotyczy zapewnienia odpowiednich kompetencji pracownikom i zarządzania tymi kompetencjami. Prezentowane są m.in. zagadnienia związane z pozyskiwaniem kompetencji, dzieleniem się wiedzą, rozwojem kompetencji oraz narzędzia ułatwiające zarządzanie kompetencjami, np. macierz kompetencji. Podkreślona jest również rola *coachingu* w zwiększaniu kompetencji pracowników oraz delegowania odpowiedzialności.

Rozdział drugi prezentuje zagadnienia związane z zarządzaniem parkiem maszyn technologicznych, które są istotne przy realizacji *Lean Maintenance* (Antosz, 2019). Omówiono system TPM (ang. *Total Productive Maintenance*) oraz narzędzia wspomagające monitorowanie pracy maszyn, gromadzenie danych, ich

analizę oraz podejmowanie decyzji dotyczących rozwoju wyposażenia technologicznego. Należy podkreślić, że podstawą systemu TPM są: dobrze funkcjonujący system 5S oraz odpowiednio przygotowani pracownicy, świadomi wpływu swoich działań na wzrost efektywności pracy maszyn. Wspomniano również o metodach ułatwiających właściwe rozmieszczenie maszyn na linii produkcyjnej, pozwalających na uzyskanie krótkich przebrożeń czy zapobiegających błędom.

Rozdział trzeci dotyczy cyfryzacji ważnej z punktu widzenia przedsiębiorstw produkcyjnych (Grzyb, 2017). Prezentuje strategię cyfryzacji przedsiębiorstw, jak również technologie stosowane w celu gromadzenia, przesyłania i analizy danych, wspierania procesów podejmowania decyzji bądź automatycznego podejmowania decyzji i inne, wspierające zarządzanie w obszarach produkcyjnych. Dokonano przeglądu systemów wspierających zarządzanie przedsiębiorstwem, ukazując znaczenie systemów wspierających procesy projektowania, wytwarzania, zarządzania zasobami, czy też cyklem życia wyrobu. Wspomniano o możliwościach przetwarzania dużych zbiorów danych, wykorzystania symulacji, cyfrowych bliźniaków, wirtualnej rzeczywistości, jak również metod sztucznej inteligencji, *Business Intelligence* w procesach podejmowania decyzji.

Kompendium kończy zestaw studiów przypadków, które opisują różne problemy produkcyjne bądź obszary, gdzie zidentyfikowano możliwość doskonalenia i wdrożono m.in. technologie z obszaru Przemysłu 4.0. Każde studium przypadku zawiera opis sytuacji (problemu), analizę możliwości doskonalenia (przyczyn problemu) oraz rozwiązanie.

Analizowane przypadki dotyczą oceny efektywności pracy pracowników, sposobów wspierania ich pracy, w tym pracy zdalnej, wykorzystania systemów informatycznych w celu ułatwienia pracownikom dostępu do informacji, czy też realizacji zadań. Zaprezentowano znaczenie właściwej organizacji pracy na stanowiskach produkcyjnych w celu poprawy fizycznego i psychicznego komfortu pracowników. Przedstawiono działania podejmowane w wybranych przedsiębiorstwach w celu oceny oraz poprawy funkcjonowania i wykorzystania parku maszyn technologicznych (CIL, OEE, SMED, standaryzacja). Analizowano metody zastosowane do poprawy jakości procesów produkcyjnych oraz kontrolnych. Przedstawiono praktyczne przykłady wdrożenia automatyzacji i robotyzacji służącej poprawie efektywności i wydajności systemów produkcyjnych. Przedstawiono przykłady stosowania systemów zarządzania informacją, zapasami, produkcją, cyklem życia wyrobów (ERP, MES, PLM). Omówiono przykład praktycznego zastosowania rzeczywistości rozszerzonej oraz analizy dużych zbiorów danych.

Niniejsza praca może być źródłem wiedzy oraz inspiracji do wdrażania nowoczesnych rozwiązań przy wsparciu zaangażowanych pracowników, dzięki pokazaniu, że to się już w praktyce odbywa. Obecnie przedsiębiorstwa nie tylko widzą potrzebę cyfryzacji, ale również realizują przedsięwzięcia mające na celu ułatwienie pracy pracownikom, dzięki rozwiązaniom z zakresu Przemysłu 4.0. Ważne jest, aby podkreślić, że chociaż obecnie mówi się o rewolucji przemysłowej Przemysłu 4.0, to jednak wiele przedsiębiorstw wdraża nowoczesne rozwiązania na

zasadzie ewolucji, powoli zamieniając stare oraz mało wydajne technologie i systemy na nowe, bardziej przyjazne pracownikom, środowisku, biznesowi.

## Bibliografia

- [1] Antosz K. (2019), *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [2] Antosz K., Stadnicka D. (2017), *Lean philosophy implementation in SME – study results*. 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management (EPPM 2016), September 21-23, 2016, Białystok, Poland. *Procedia Engineering*, 182, 25-32.
- [3] Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W. (2018), *Lean Manufacturing. Doskonalenie produkcji*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [4] Chlpeková A., Večeřa P., Šurinová Y. (2014), *Enhancing the effectiveness of problem-solving processes through employee motivation and involvement*. *International Journal of Engineering Business Management*, 6, 6-31.
- [5] Garski K., Gontarz J. (2009), *Smartlink. Jak efektywnie szkolić pracowników*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- [6] Gralewicz G. (2015), *Inteligentne rozwiązania techniczne w przemyśle. Cz. I. Bezpieczeństwo pracy: nauka i praktyka*, 16-20.
- [7] Grzyb K. (2017), *Cyfryzacja przedsiębiorstw produkcyjnych w Unii Europejskiej w perspektywie koncepcji Przemysłu 4.0*, *Prace Naukowe WSZIP*, 43(4), 89-110.
- [8] Kiraga K. (2016), *Przemysł 4.0: 4. rewolucja przemysłowa według Festo. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 17.
- [9] Mikołajczyk K. (2020), *Innowacyjne metody rozwoju pracowników*. [W:] Cewińska J., Krejer-Nowecka A., Winch S. (red.), *Zarządzanie kapitałem ludzkim – wyzwania*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa.
- [10] Tortorella G., Miorando R., Caiado R., Nascimento D., Portioli Staudacher A. (2021), *The mediating effect of employees' involvement on the relationship between Industry 4.0 and operational performance improvement*. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(1-2), 119-133.
- [11] Zhou Q., Hirst G., Shipton H. (2012), *Promoting creativity at work: The role of problem-solving demand*. *Applied Psychology*, 61(1), 56-80.





# Rozdział 1.

## Zarządzanie kompetencjami pracowników

### 1.1. Doskonalenie umiejętności pracowników przez szkolenia

(Ilona Tokarz)

Współczesne rynki ulegają dynamicznym zmianom, stawiając przy tym coraz większe wymagania przedsiębiorstwom. Coraz bardziej znaczącą rolę odgrywa gospodarka, która jest oparta na wiedzy i ciągłym rozwoju. Dla większości przedsiębiorstw poważnym wyzwaniem staje się budowanie pozycji konkurencyjnej oraz utrzymanie przewagi na rynku. Kluczowym czynnikiem pozwalającym na dominację rynkową jest kapitał ludzki, a zatem: umiejętności, wiedza, doświadczenie, zdolności czy motywacja. Osoby posiadające odpowiednią wiedzę i predyspozycje do pracy w organizacji na określonym stanowisku przyczyniają się do generowania nowych, często innowacyjnych rozwiązań i pomysłów. Warto też wspomnieć o głównych cechach, jakie powinni posiadać pracownicy współczesnych przedsiębiorstw, a mianowicie: kreatywność, która jest rezultatem twórczej pracy oraz elastyczność, która przejawia się zdolnością do dokonywania zmian dostosowanych do nowych sytuacji, a także zdolność do przyswojenia i praktycznego wykorzystania wiedzy (Pauli, 2012). Kapitał ludzki jest więc fundamentem, dzięki któremu organizacja może osiągnąć wysoką pozycję i przewagę konkurencyjną. Odpowiadając na potrzeby rynku zarówno obecne, jak i przyszłe, przeprowadza się w organizacjach liczne szkolenia pracownicze w celu podniesienia wartości pracownika i pełnego wykorzystania kapitału ludzkiego. Czym są więc dokładniej szkolenia?

Szkolenie jest planowanym i ciągłym procesem zmian, jakie zachodzą w zachowaniu pracownika, mającym na celu zdobycie wiedzy i kompetencji, które są niezbędne do efektywnego wykonywania zadań i zaspokojenia potrzeb personalnych w organizacji. Innymi słowy jest to metoda inwestowania w pracowników, czyli tych którzy stanowią w firmie kapitał ludzki. Aby szkolenie przyniosło oczekiwane efekty, powinno być dostosowane do potrzeb firmy, powinno realizować cele, które organizacja sobie założyła oraz być efektywne (Garski, 2009).

Etapy szkolenia (Griffin, 2004):

#### 1. Identyfikacja i ocena potrzeb szkoleniowych

Na pierwszym etapie szkolenia następuje zidentyfikowanie problemów i przyczyn ich wystąpienia. Jest to najważniejszy etap, gdyż wpływa na późniejsze. Ustalenie zapotrzebowania na kształcenie pracowników przebiega na trzech poziomach: organizacyjnym, zawodowym i indywidualnym.

## 2. Określenie celów szkolenia

Cele takie mają pokazać, co organizacja osiągnie przez przeprowadzenie wybranych szkoleń oraz jaką wiedzę i umiejętności nabędą pracownicy po ich ukończeniu. Podczas ustalania celów ogólnych, jak i szczegółowych warto się posłużyć metodą SMART (ang. *Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time – bound*), według której cel powinien być prosty do zrozumienia, mierzalny, osiągalny, racjonalny i określony w czasie. Pozwoli to w efekcie końcowym na łatwą ocenę, czy cel szczegółowy został spełniony.

## 3. Opracowanie projektu szkoleń

Na tym etapie należy przygotować program szkoleniowy, przedstawić oczekiwane rezultaty i na tej podstawie dobrać właściwe metody szkoleniowe. Aby wykonać to prawidłowo, konieczne trzeba spojrzeć na obszar rozwojowy w szerszej perspektywie. Należy wziąć także pod uwagę wszystkie czynniki, które mogą wywrzeć negatywny bądź pozytywny wpływ na proces szkoleniowy.

## 4. Realizacja szkoleń

Szkolenia mogą przybierać różne formy, zależne od sformułowanych wcześniej celów i potrzeb organizacji. Wybrana metoda szkolenia jest uzależniona od wielu czynników. Przykładowo, jeśli tematem szkolenia są kontakty międzyludzkie, to odpowiednie będzie zastosowanie metody umożliwiającej kontakt interpersonalny pomiędzy uczestnikami szkolenia. Najlepsze efekty przyniesie szkolenie, które składa się z kombinacji różnych metod.

## 5. Ocena szkolenia

Jest to etap poświęcony przeglądowi procesu szkolenia. Trener przedstawia sugestie, uwagi i opinie dotyczące szkolenia oraz ocenę. Najważniejsze, aby w tym miejscu określić, w jakim stopniu organizacja osiągnęła zamierzone efekty.

Jeśli szkolenie okaże się mało skuteczne, konieczne jest szukanie innej metody, która zaspokoi daną potrzebę organizacyjną. Metody i techniki szkoleniowe zawierają działania, których celem jest podniesienie wiedzy pracowników, niezbędnej do prawidłowej i w pełni świadomej realizacji powierzonych im na stanowisku pracy zadań. Techniki szkoleń można podzielić na cztery podstawowe grupy w zależności od rodzaju szkoleń (Armstrong, 2004):

- szkolenia odbywające się na stanowisku pracy – mentoring, coaching, powierzenie zleconych zadań, instruktaż na stanowisku,
- szkolenia poza stanowiskiem pracy – rozmowy, inscenizacje, seminaria i konferencje, ćwiczenia grupowe,
- szkolenia odbywające się poza miejscem pracy (typu *outdoor*) – konferencje, sympozja, seminaria,
- szkolenia realizowane na stanowisku pracy, a także poza nim – projekty, e-learning, szkolenia wspomagane komputerowo.

Zaletą wykonywania szkoleń na stanowisku pracy jest fakt, że pracownik przez wykonywaną pracę nabywa doświadczenia i nowe umiejętności. Powodzenie tego typu szkoleń jest jednak uzależnione od dobrego przeprowadzenia *coachingu*, a co za tym idzie – osoba szkoląca musi być dobrze przygotowana do



przekazania wiedzy. Przez *coaching* rozumie się wspieranie i kierowanie rozwojem umiejętności w określonej dziedzinie. Proces ten odbywa się indywidualnie z pomocą osoby będącej trenerem pracownika. Przez rozmowę i wspólne analizowanie określonych sytuacji pracownik sam przybliża się do znalezienia nurtujących odpowiedzi i osiągnięcia wyznaczonego celu.

Warto również na tym etapie przybliżyć pojęcie *mentoringu*. Zadaniem tego procesu jest pełnienie opieki nad pracownikiem znajdującym się na różnych etapach jego rozwoju zawodowego w firmie. Rola tę musi pełnić osoba, która posiada duże doświadczenie i może się pochwalić wieloma sukcesami zawodowymi. *Mentoring* polega na relacji pomiędzy mentorem i pracownikiem ukierunkowanej na rozwijanie potencjału pracownika. Uczeń, dzięki pomocy swojego mentora poznaje siebie i dąży do samorealizacji. Podstawowym zadaniem mentoringu jest pomaganie ludziom stawać się takimi, jakimi sami chcą się stać (Parsloe, 2002). Głównymi korzyściami wynikającymi z *mentoringu* są: wzmacnianie kreatywności, rozwój wewnętrznej motywacji, podejście innowacyjne w rozwiązywaniu problemów, samodoskonalenie się przez odkrywanie i rozwijanie swojego potencjału, rozwijanie kultury zaufania i wzajemnej pomocy.

Szkolenia poza stanowiskiem pracy przekazują w dużym stopniu wiedzę teoretyczną, a praktyka następuje dopiero po zakończeniu szkolenia. Pracownik sam musi przełożyć pozyskaną wiedzę na działania, które prowadzi na swoim stanowisku pracy.

Szkolenia, które odbywają się poza miejscem pracy, pozwalają na zgromadzenie wiedzy bardziej specjalistycznej, dotyczącej zarządzania czy przywództwa w grupie. W tego typu szkoleniach istnieje możliwość nabycia zaawansowanych umiejętności technicznych oraz społecznych. Ciężko jest natomiast zastosować zdobyte kwalifikacje w przeciągu krótkiego czasu w praktyce.

Coraz większą popularnością zaczynają się cieszyć szkolenia online. Korzyści wynikające z tego typu szkoleń to (Pauli, 2012):

- możliwość przeprowadzenia szkolenia w dogodnym dla szkolącego się miejscu i czasie,
- oszczędność finansowa, gdyż takie szkolenia nie wymagają tak dużego nakładu finansowego jak szkolenia w formie tradycyjnej,
- możliwość rozwoju kompetencji pracowników znajdujących się jednocześnie w różnych miejscach na świecie,
- częstsza możliwość przeprowadzania szkoleń online i w krótszych sesjach, co sprzyja lepszej koncentracji, a później przekłada się na uzyskiwanie lepszych wyników w pracy,
- szybki czas reakcji na potrzebę szkoleniową.

Metody rozwoju kompetencji pracowników ulegają ciągłej zmianie. Wynika to z postępującego rozwoju technologicznego, a także digitalizacji treści szkoleniowych. Coraz więcej organizacji wdraża webinaria, e-learning oraz LXP (ang. *Learning Experience Platform*). System LXP pozwala na tworzenie i utrzymywanie bibliotek, które gromadzą treści zewnętrzne, umożliwiają dostęp do kursów online, wideo czy podcastów. Katalog jest na bieżąco aktualizowany, a użytkow-

nik dzięki temu ma dostęp do aktualnych zasobów edukacyjnych (Mikołajczyk, 2020).

Za sprawą ciągłego doskonalenia umiejętności pracowników przedsiębiorstwo jest w stanie osiągnąć znaczną przewagę nad konkurencją. Inwestycja w kapitał ludzki jest kosztowna, ale i wysoce opłacalna. Dobrze wyszkolony pracownik zapewni firmie wysoką jakość, która przekłada się na osiągnięcie sukcesu. Ponadto pozwoli osiągnąć przewagę konkurencyjną przez wprowadzanie innowacji, dużą wydajność działania oraz będzie dążył do ciągłej poprawy w zaspokajaniu potrzeb klienta. Kapitał ludzki odróżnia się od innych kategorii kapitału m.in. tym, że jest unikatowy, a przez to konkurencji ciężko go naśladować. Ma jakościowy charakter, jest trudny do pomiaru oraz nie może zmieniać właściciela (Marjański, 2020). Dzięki tym cechom jest to bardzo wartościowy kapitał w organizacji.

## Bibliografia

- [1] Armstrong M. (2004), Zarządzanie zasobami ludzkimi, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- [2] Garski K., Gontarz J. (2009), Smartlink. Jak efektywnie szkolić pracowników, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- [3] Griffin R.W. (2004), Podstawy zarządzania organizacjami, PWN, Warszawa.
- [4] Marjański A., Chrzęszcz A., Ciekankowski Z., Kifondis A., (2020), Kapitał ludzki w organizacji wiedzy. [W:] Экономика и управление: социальный, экономический и инженерный аспекты: сборник научных статей III Международной научно-практической конференции, 19-20 ноября 2020 г. / ред. кол. S.F. Kugan, Ū.N. Pavlůčuk, M.T. Koziniec, A.P. Rabčuk. Izdatel'stvo BrGTU, Brest, s. 169-179.
- [5] Mikołajczyk K. (2020), Innowacyjne metody rozwoju pracowników. [W:] Cewińska J., Krejer-Nowecka A., Winch S. (red.), Zarządzanie kapitałem ludzkim – wyzwania, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa.
- [6] Parsloe E., Wray M. (2002), Trener i mentor. Udział coachingu i mentoringu w doskonaleniu procesu uczenia się. OEE, Kraków.
- [7] Pauli U. (2012), Rola szkoleń pracowników w rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków.

## 1.2. Coaching jako jedna z metod zwiększania kompetencji pracowników (Artur Zbyrad)

Kompetencje pracowników można zwiększać, stosując *coaching*. Pierwszą osobą, która zastosowała elementy *coachingu* w praktyce, był starożytny filozof Sokrates. Ateńczyk przez pytania zmuszał swoich uczniów do refleksji nad sobą, a następnie pomagał im się rozwijać. Sokrates nie dawał jednak swoim podopiecznym gotowych rozwiązań, raczej naprowadzał ich na właściwą drogę. Dzięki stosowaniu *coachingu* Sokrates wychował wielu wybitnych ludzi, wśród których znalazł się m.in. Platon. Sokrates stosował trzy ważne elementy *coachingu* (Michalik, 2014):

- diagnozę potencjału ucznia,
- naprowadzanie go na cel osiągnięty samodzielnie,
- dawanie samodzielnych zadań.

*Coaching* to proces wspierania rozwoju i utrwalania umiejętności z pomocą drugiej osoby – coacha – przez obserwację, stawianie celów i zadań, regularne udzielanie informacji zwrotnych i trenowanie nowych zachowań. *Coaching* wywodzi się z nurtu psychologii pozytywnej (Michalik, 2014).

Według dr. Scotta Williama z Wright State University w Ohio *coaching* jest formą rozwoju i treningu pracownika (Williams, 2020). W sytuacji gdy nowe kompetencje są wymagane od pracownika w wyniku zmiany sytuacji w pracy lub gdy słabe wyniki pracy wskazują, że należy reagować, manager wypełnia tę lukę właśnie przez *coaching*. Z czasem *coaching* pozwala także na przygotowanie pracownika na potencjalny awans i zwiększenie odpowiedzialności.

W literaturze można znaleźć różnorodne definicje *coachingu*, co wynika z faktu, że niemal każdy autor zajmujący się tą problematyką tworzy własną definicję. Jak już wskazano, *coaching* jest metodą rozwojową, stosowaną zarówno w życiu osobistym, jak i zawodowym. Jego istotą są szczególne relacje łączące *coacha* i jego podopiecznego, zorientowane na pomoc podwładnemu w osiągnięciu lepszych wyników działań. Podstawowym założeniem *coachingu* jest pozytywne nastawienie do zmiany wśród pracowników uczestniczących w procesie. Źródłem dobrego nastawienia jest samodzielne poszukiwanie i wdrożenie rozwiązań określonych problemów, oparte na partnerskiej współpracy ukierunkowanej na dokonanie konkretnych zmian.

Jest wiele korzyści wynikających z wykorzystania *coachingu* w przedsiębiorstwie. *Coaching* umożliwia poprawę efektów pracy, gdyż jest najszybszym sposobem podniesienia efektywności pracy. Wyniki badań dowodzą, że *coaching* pomaga pracownikom wydajniej wykonywać obowiązki zawodowe, wpływa zwłaszcza na ich satysfakcję z pracy, co przekłada się na niższą rotację zatrudnienia. Wśród innych korzyści wynikających z zastosowania *coachingu* można wskazać następujące (Myjak, 2017):

- przewyciężenie problemów związanych z osiągnięciem pożądaných wyników,
- rozwinięćie nowych umiejętności u pracowników,
- zwiększenie wydajności pracy przez przekazywanie wiedzy specjalistycznej i nauczanie pracowników większej efektywności,
- kształtowanie podwładnych zdolnych do realizacji bardziej ambitnych zadań, a tym samym – otrzymania awansu,
- zmniejszenie odpływu wartościowych pracowników przez budowanie zaufania, które przekłada się na większą lojalność pracowników,
- pielęgnowanie pozytywnej kultury pracy, zwiększenie motywacji oraz poprawy relacji interpersonalnych.

Proces *coachingu* można opisać w czterech etapach (Michalik, 2014):

1. *Analiza sytuacji*. Celem jest określenie przyczyn zaistniałych problemów wymagających poprawy. Na tym etapie najważniejsze umiejętności *coacha* to zdolność obserwacji i diagnozy problemu oraz prowadzenia na ten temat rozmowy z pracownikiem.



2. *Plan działania*. Zawarcie kontraktu. Zadaniem tego etapu jest określenie i uzgodnienie celu *coachingu*, opracowanie odpowiednich metod działania, określenie niezbędnych zasobów, sposobów rozliczenia oraz wskazanie związanych z tym konsekwencji. Na tym etapie najważniejsze umiejętności *coacha* to zdolność stworzenia planu działania z pracownikiem.
3. *Wykonanie*. Wdrażanie w życie ustalonego planu działania. Celem tego etapu jest zrealizowanie punktów, które zostały zawarte w planie. W zależności od zawartości planu pracownik realizuje go z większym lub mniejszym zaangażowaniem *coacha*. Na tym etapie najważniejsze umiejętności *coacha* dotyczą znajomości i wykorzystania technik uczenia.
4. *Podsumowanie*. Analizuje się to, co osiągnięto. Celem jest ocena, czy „trening” przyniósł spodziewane rezultaty. Jeśli nastąpiła poprawa, omawia się doświadczenie i zamyka proces *coachingu*. Jeśli poprawa nie nastąpiła, bądź jej wyniki są nadal niesatysfakcjonujące, należy wrócić do etapu pierwszego – analizy sytuacji.

Przedsiębiorstwa, poszukując kolejnych wyzwań lub rozwiązań w celu poprawy wyników bądź sposobu na przetrwanie, decydują się na innowacje w zarządzaniu. Pośród wielu możliwych rozwiązań znajduje się *coaching*. Właściwie spożytkowany *coaching* może doprowadzić do wypracowania optymalnej sytuacji korzystnej dla organizacji wdrażającej model zarządzania opierający się na technikach i narzędziach *coachingowych*. Przynoszący efekty *coaching* w ramach jakiejś organizacji to nie tylko wysoka jakość usługi. Dyskusje z profesjonalnymi *coachami* oraz nabywcami usług *coachingowych* wskazują jednoznacznie na przewagę *coachingu* nad szkoleniami, jako środka kształtowania postaw podnoszenia efektywności pracy. Podkreślają też swoistą magię *coachingu*. Powstało wiele publikacji na temat *coachingu*. Wskazuje się w nich na poprawę efektywności i wyników osób oraz zespołów, a także na wydajność całych organizacji.

W Wielkiej Brytanii według przeprowadzonych badań CIPD (2004 r.) 99% instytucji korzystających z *coachingu* twierdzi, że przynosi on wymierne korzyści pojedynczym osobom i całym organizacjom. W Polsce właściciele firm podkreślają niebagatelny wpływ na poprawę jakości pracy, na zarządzanie opierające się na metodach zaczerpniętych z *coachingu*, które podnoszą skuteczność działania jakościowego. To z kolei w sposób naturalny przekłada się na wyniki finansowe firmy. Te działania z kolei wpływają na poprawę atmosfery pracy, zwiększają na nowo zaangażowanie pracowników oraz mają niemały wpływ na rozwój przedsiębiorstwa. *Coaching* uwalnia ludzki umysł i potencjał, wyzwala kreatywność liderów. Pozwala na szersze spojrzenie na dany aspekt sprawy, ale również na spojrzenie z tak zwanej innej strony. W dzisiejszych czasach, gdy tak często pada słowo „kryzys”, czy to w ujęciu ogólnym gospodarki światowej, czy też w ujęciu lokalnego rynku i myśli się o tym kryzysie, zapominając o przyszłości, to właśnie *coaching* okazuje się skutecznym antidotum na pokonanie go. *Coaching* ukierunkowuje przyszłe działania i oddziałuje na podświadomość, udowadniając „że się da”. Skuteczny *coaching* prowadzi do wizji pożądanых sukcesów, a stąd już tylko krok do ich realizacji (Michalik, 2014).

Marszał (2020) zwraca uwagę na problemy z wprowadzeniem *coachingu* w małych przedsiębiorstwach. Jako główny problem przedstawia niewystarczającą wiedzę kadry kierowniczej o psychologicznych aspektach zarządzania ludźmi oraz fakt, że autokratyczne metody zarządzania są głęboko zakorzenione wśród kadry kierowniczej omawianych przedsiębiorstw.

W pracy (Ultira i in., 2015) przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu wprowadzenia *coachingu* na efektywność pracowników. Przedstawione wnioski wskazują, że procesy *coachingowe* są ważnym narzędziem służącym zwiększaniu indywidualnej wydajności pracownika, a przedsiębiorstwa mogą czerpać z jego wprowadzenia wiele korzyści, takich jak np. zwiększenie produktywności lub wzrost sprzedaży.

## Bibliografia

- [1] Marszał A. (2020), Bariery we wprowadzaniu coachingowego stylu zarządzania w mikro i małych przedsiębiorstwach województwa śląskiego. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, 38, 94-110.
- [2] Michalik D. (2014), Wpływ coachingu na zarządzanie przedsiębiorstwem. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie, 1, 111-118.
- [3] Myjak B.T. (2017), Coaching jako interaktywne narzędzie wspomagające rozwój pracowników w przedsiębiorstwie. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas, Zarządzanie, 3, 51-62.
- [4] Utrilla P.N.C., Grande F.A., Lorenzo D. (2015), The effects of coaching in employees and organizational performance: The Spanish Case. Intangible Capital, 11(2), 166-189.
- [5] Williams S. (2020), Coaching: Increasing Employees' Competence, LeaderLetter, Department of Management, Raj Soin College of Business, Wright State University, Dayton, Ohio. Dostępne na: <http://www.wright.edu/~scott.williams/LeaderLetter/coach.htm> (dostęp: 12.02.2021).

### 1.3. Motywowanie jako sposób rozwoju kompetencji pracowników (Dominika Rajca)

Ponieważ w dzisiejszych czasach zarządzanie kapitałem ludzkim pracowników stanowi istotny wyznacznik sukcesu wielu przedsiębiorstw, to stawianie na rozwój ich kompetencji skutkuje przede wszystkim podniesieniem wiedzy i umiejętności pracowników oraz wzrostem konkurencyjności przedsiębiorstwa. Istotnym elementem zarządzania kadrą pracowniczą jest umiejętne motywowanie (Bombiak, 2010).

Motywowanie jest definiowane jako zespół działań, które wpływają na zachowania pracowników w sposób, jaki jest oczekiwany i wymagany przez menedżera. Istotnym działaniem motywacji jest wywołanie chęci do osiągnięcia pożądanego celu. Polega również na zwiększaniu pewności siebie pracownika, co w większości przypadków skłania go do podejmowania nowych wyzwań zawodowych (Karna, 2017).



W najbardziej powszechny sposób motywowanie można podzielić na (Zajac, 2007):

- pozytywne – zwiększające poczucie wartości pracownika w przedsiębiorstwie, determinujące go do wyznaczania przez siebie coraz to nowszych celów przez np. stałe wsparcie ze strony przełożonego, udzielanie cennych rad, wyjazdy służbowe, szkolenia rozwijające,
- negatywne – tworzenie atmosfery, która prowadzi do lęku pracowników przed utratą pracy bądź degradacją, czy też obniżeniem premii w przypadku niedostatecznego zrealizowania zadania otrzymanego od przełożonego.

Inne kryterium dzieli motywowanie w następujący sposób (Borkowska, 1999):

- wewnętrzne – samoczynne działania, które wzmacniają kontrolę nad powierzonymi zadaniami oraz odpowiedzialność za nie, zdobywanie nowych umiejętności i kwalifikacji,
- zewnętrzne – stwarzanie bodźców do podejmowania działań nagradzanych pochwałą czy awansem lub unikania nagan czy utraty stanowiska.

Umiejętne motywowanie pracowników stanowi niezbędny czynnik do wzrostu efektywności pracy. Pozostałymi czynnikami są np. kwalifikacje, umiejętności czy możliwości danego pracownika (Kaczmarczyk, 2006).

Ważną rolę w strategii motywowania pełni również wyznaczanie celów. Za ich przyczyną wzrastają aspiracje, które determinują podniesienie kwalifikacji zawodowych kadry pracowniczej (Lipowska, 2012). Konieczne jest, aby wyznaczać cele zindywidualizowane pod kompetencje danego pracownika, w przeciwnym razie może to skutkować negatywnym efektem, np. nieosiągnięciem celu ze względu na jego złożoność (Pocztowski, 2007). Model procesu motywowania według teorii wyznaczania celów przedstawiono na rys. 1.1.



Rys. 1.1. Model procesu motywowania według teorii wyznaczania celów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Moczyłowska, 2008).

Każdy manager powinien umieć przynajmniej w najmniejszym stopniu efektywnie zarządzać kompetencjami swoich pracowników oraz je doskonalić. Tak jak wcześniej wspomniano, kluczem do osiągnięcia rozwoju kadry pracowniczej jest odpowiednia motywacja przez przełożonego (rys. 1.2).

Istnieje wiele interpretacji pojęcia kompetencje, jednak dwie najbardziej powszechne są następujące (Rogozińska-Pawelczyk, 2006):

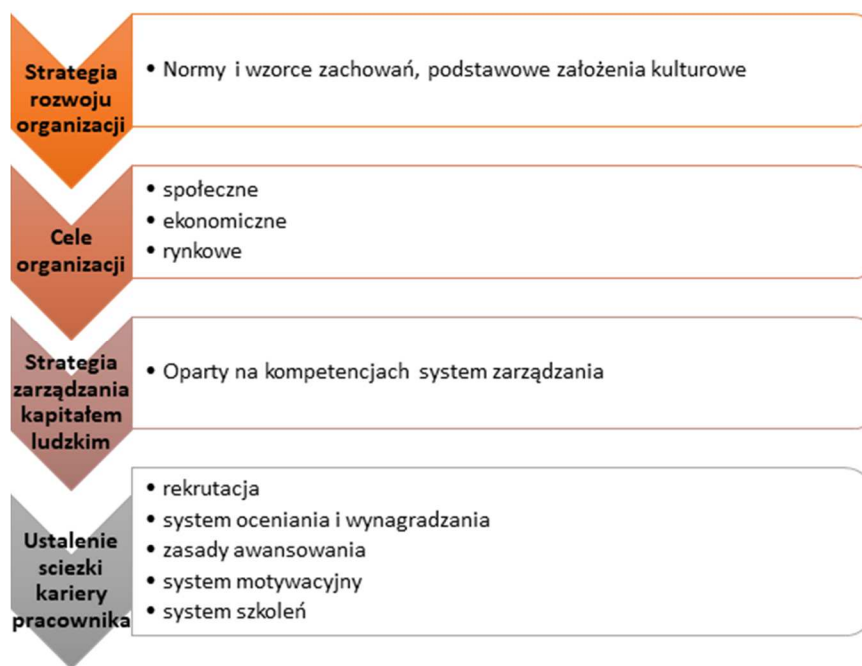
- według nauk prawnych – zakres posiadanych, otrzymanych uprawnień w sferze decyzyjnej, związanych z posiadanymi funkcjami lub obejmowanym stanowiskiem,
- według nauk o zarządzaniu – zakres posiadanej wiedzy i umiejętności związanych z prawidłowym i efektywnym wykonywaniem swoich obowiązków oraz dążeniem do osiągnięcia celów organizacyjnych.



Rys. 1.2. Kompetencje a motywacja

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Moczydłowska, 2008).

W najprostszym ujęciu termin kompetencje oznacza umiejętność wydajnego i skutecznego wykorzystywania wiedzy, zdolności czy cech osobowościowych do wykonywania swoich zadań i osiągnięcia założonych celów. Kompetencje to także wewnętrzny potencjał danej osoby, warunkujący szybką adaptację w społeczeństwie, chęć nauki nowych zagadnień czy podejmowania trudniejszych wyzwań zawodowych (Walczak, 2010). Schemat systemu zarządzania kompetencjami pracowników przedstawiono na rys. 1.3.



Rys. 1.3. System zarządzania kompetencjami pracowników

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Walczak, 2011).

W ramach podsumowania należy podkreślić, że dzisiejsze przedsiębiorstwa są ukierunkowane na rozwój pracownika, ponieważ przekłada się to także na rozwój firmy. Dobrze wyszkolona kadra pracownicza zapewnia wysoką konkurencyjność branżową nawet w skali kraju i szerzej. Większość firm stosuje szkolenia mentoringowe dla managerów oraz szkolenia poszerzające umiejętności i kompetencje pracowników sprzyjające rozwojowi osobistemu na danym stanowisku.

## Bibliografia

- [1] Bombiak E. (2010), Motywowanie pracowników w świetle badań empirycznych. Zeszyty Naukowe Akademii Podlaskiej. Seria: Administracja i Zarządzanie, 13(86), 65-79.
- [2] Borkowska S. (1999), System motywowania w przedsiębiorstwie. PWE, Warszawa.
- [3] Kaczmarzyk J. (2006), Motywowanie jako determinanta efektywności pracy kadry menedżerskiej. Promotor, Warszawa.
- [4] Karna W.J., Kanp-Stefaniuk A. (2017), Motywowanie pracowników jako wyzwanie w zarządzaniu zasobami ludzkimi. Studia i Prace WNEIZ USA, 48/2, 161-171.
- [5] Lipowska J. (2012), Determinanty motywacji wewnętrznej. Czy można zmotywować każdego pracownika?, Zarządzanie Zasobami Ludzkimi, 3-4(86-87), Warszawa.
- [6] Moczyłowska J.M. (2008), Zarządzanie kompetencjami zawodowymi a motywowanie pracowników. Difin, Warszawa.
- [7] Pocztownski A. (2007), Zarządzanie zasobami ludzkimi. Strategie, procesy, metody. PWE, Warszawa.
- [8] Rogozińska-Pawelczyk A. (2006), Kompetencje w organizacji, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica.
- [9] Walczak W. (2010), Kompetencje jako element wiedzy. Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, 5, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle Orgmasz, Warszawa.
- [10] Walczak W. (2011), Przywództwo i motywowanie w procesach zarządzania kompetencjami pracowników. e-mentor, 1.
- [11] Zając C. (2007), Zarządzanie zasobami ludzkimi. Wyższa Szkoła Bankowa, Poznań.

## 1.4. Zarządzanie kompetencjami pracowników z wykorzystaniem macierzy kompetencji (Krzysztof Ufnal)

Macierz kompetencji to narzędzie wizualne, które pokazuje zadania i umiejętności wymagane dla określonych ról w strukturze organizacji oraz aktualny poziom kompetencji i poziom umiejętności każdego pracownika dla każdego zadania.

Matryca może być wykorzystana i dostosowana w razie potrzeby do określonych działów, zgodnie z potrzebami (Ellingsen, 2007).

Macierz kompetencji zapewnia ogólny przegląd kondycji i wydajności organizacji w jednym widoku, zapewniając managerom narzędzia potrzebne do uzyskania wglądu w wiedzę, doświadczenie i wyniki pracowników. Macierz kompetencji umożliwi monitorowanie rozwoju pracowników od szkolenia do poziomu eksperckiego, rozsądne równoważenie obciążenia pracą i przydzielanie szkoleń w razie potrzeby.



Opracowanie macierzy umiejętności jest ważne, ponieważ koncentruje się na sposobie wykonania pracy i podstawowych umiejętnościach potrzebnych do wykonania zadań, które składają się na pracę w każdym dziale. Wiąże się to dobrze z opracowywaniem standardowej pracy. Po zidentyfikowaniu kluczowych umiejętności można sprawdzić obecny zespół pod kątem jego poziomu kompetencji i skorzystać z okazji skorygowania wszelkich złych nawyków, które wkradły się do metody szkolenia niczym „głuchy telefon”, gdzie każda osoba po prostu przekazuje następnej osobie wiedzę. Bez ustandaryzowania informacja, jak wykonywać pracę, powoli ulega modyfikacjom, często tracąc po drodze kluczowe elementy jakości i bezpieczeństwa (Becker, 2009).

Matryca umiejętności pomaga również nowym liderom zespołów, wyraźnie wskazując, kto ma umiejętności, aby prawidłowo wykonywać pracę, czy jest kompetentny do jej wykonywania bez nadzoru, czy też potrzebuje pomocy. Powitanie nowych ludzi w zespole może być łatwiejsze dzięki macierzy umiejętności, ponieważ pokazuje ona kluczowe zadania wykonane w dziale i daje im zrozumienie sposobu działania każdego działu. Warto zauważyć, że każda umiejętność jest częścią ogólnego obrazu pracownika (Caldwell, 2004).

Rysunek 1.4 prezentuje przykładową macierz kompetencji pracowników.

	Kompetencje					
	Zarządzanie projektem	Komunikacja	Prezentacje	Organizacja pracy	Program XYZ	Terminowość
Andrzej						
Stanisław						
Robert						
Krzysztof						
Sylwia						
Joanna						
Bartosz						
Anna						

- brak kompetencji, - niskie kompetencje, - średnie kompetencje, - wysokie kompetencje, - eksperckie kompetencje

Rys. 1.4. Przykładowa macierz kompetencji

Źródło: Opracowanie własne.

Istnieją trzy kluczowe etapy tworzenia macierzy umiejętności (Scott, 2020):

1. Wypisz umiejętności lub kluczowe zadania

Najlepiej w swoim obecnym zespole zidentyfikować kluczowe umiejętności lub zadania potrzebne do wykonania głównej gamy produktów wytwarzanych w tym dziale. Oczywiście należy zdawać sobie sprawę, że będzie to zależeć od wielu czynników i tego, jakie prace i gdzie będą wykonywane.

2. Oceń swój zespół na 5 poziomach

Z każdą osobą lub w zespole należy omówić wszystkie umiejętności i zanotować poziom kompetencji każdej osoby. Można zidentyfikować:

- brak kompetencji – osoba nie wykonała zadania lub nie musi tego robić,
- niskie kompetencje – osoba w trakcie szkolenia,
- średni poziom kompetencji – osoba potrafi wykonywać zadania pod nadzorem,
- wysoki poziom kompetencji – osoba potrafi wykonywać pracę bez nadzoru,
- eksperckie kompetencje – osoba jest w pełni kompetentna i może szkolić innych.

3. Zidentyfikuj lukę między pracownikami, zespołami i działami.

Wiedząc, gdzie brakuje umiejętności, można zaoszczędzić czas i pieniądze firmy. Macierz kompetencji może pomóc w zidentyfikowaniu pracowników z lukami w wiedzy lub umiejętnościach i zapewnić niezbędne szkolenia podczas rotacji pracowników między kluczowymi projektami lub zespołami.

4. Śledź rozwój pracowników

Macierze umiejętności dostarczają działowi kadr informacji, które mogą wykorzystać do określenia, jakie szkolenia są potrzebne pracownikom. Korzystając z macierzy umiejętności, można zidentyfikować osoby zdolne poprowadzić szkolenia wewnętrzne. Macierz pomaga pracownikom zrozumieć, jakie są ich luki, dzięki czemu mogą podjąć działania w celu zdobycia zestawu umiejętności, których potrzebują, aby osiągnąć sukces na swoim stanowisku. Matryca umiejętności może być również używana jako szablon w planowaniu i rozwoju kariery pracownika. Wiedza o umiejętnościach potrzebnych do osiągnięcia następnego poziomu lub awansu pomaga stworzyć ścieżkę uczenia się.

5. Śledź swoich kluczowych członków zespołu

Dzięki macierzy kompetencji łatwo jest znaleźć pracowników o najwyższej wartości dla organizacji, a także śledzić rozwój kluczowych osób. Dobrze jest wiedzieć, kim są najbardziej wartościowi pracownicy i czy są zadowoleni. Macierz kompetencji może również służyć do identyfikowania osób w celu przyznania awansu i nagród.

## Bibliografia

- [1] Becker M. (2009), Competence matrix for the sector electronics/electrical engineering. Prepared for the VQTS II project.

- [2] Caldwell B., Rohlman C., Benore-Parsons M. (2004), A curriculum skills matrix for development and assessment of undergraduate biochemistry and molecular biology laboratory programs. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 32(1), 11-16.
- [3] Ellingsen G., Monteiro E., Munkvold G. (2007), Standardization of work: co-constructed practice. *The Information Society*, 23(5), 309-326.
- [4] Scott J.C. (2020), *Seeing like a state: How certain schemes to improve the human condition have failed*. Yale University Press.

## 1.5. Pracownicy i ich kompetencje w zarządzaniu wiedzą organizacji *(Aneta Walawender)*

Światowa gospodarka sprawia, że czynnik ludzki w zarządzaniu wiedzą będzie coraz bardziej ważny. Ponieważ żaden proces w przedsiębiorstwach nie istnieje bez uczestnictwa człowieka, który przez cały czas życia firmy pełni w nim rozmaite role i bierze na siebie odpowiedzialność za powierzone mu obowiązki, człowiek jest strategicznym ogniwem w procesach zarządzania wiedzą. Niewątpliwie głównym zamysłem każdego przedsiębiorstwa jest stałe pomnażanie wiedzy pracowników, jak również motywowanie ich do jej efektywnego wykorzystywania. Funkcją wykorzystania wiedzy są zachowania pracowników. Pracownicy skupieni na realizacji własnej kariery nie zawsze chcą się utożsamiać z celami przedsiębiorstwa. Bardzo często postrzegają je za sprzeczne ze swoimi dążeniami. Dlatego ocena roli człowieka w zarządzaniu wiedzą jest niejednoznaczna, niełatwa i uzależniona od przyjętej perspektywy. Realizacja ścieżki zawodowej z reguły zakłada zajmowanie różnych stanowisk, przyjmowanie rozmaitych ról i zróżnicowanych funkcji. Przejście pracownika przez wiele stanowisk podnosi jego doświadczenie oraz zwiększa zakres kompetencji. Trzeba jednak pamiętać, że długi okres zatrudnienia na jednym stanowisku podnosi kwalifikacje niezbędne w danej specjalności. Dlatego, planując rozwój kompetencji danego pracownika, firma musi brać pod uwagę równocześnie charakter obejmowanego stanowiska oraz indywidualne cechy pracownika, a szczególnie zdolność przyswajania nowych rzeczy. W obszarach wiedzy, jakie ulegają szybkiej ewolucji, takich jak technologie, których stały rozwój jest obserwowany, należy pozostawiać pracowników dłużej na jednym stanowisku, nieustannie umożliwiając im naukę oraz prowadzenie prac badawczych. Profesjonaliści wszystkich dziedzin pracują na kapitał wiedzy przedsiębiorstwa. Tacy pracownicy są więc niezmiernie ważni w przedsiębiorstwie działającym na skalę globalną. W przedsiębiorstwach są również stanowiska, gdzie kumulacja wiedzy szybko zbliża się do krzywej asymptotycznej, co w efekcie powoduje, że dalsze przedłużanie zatrudnienia jest niezasadne, ponieważ nie przynosi powiększania wiedzy w zauważalny sposób. W nawiązaniu do stanowisk kierowniczych istotne okazuje się doświadczenie, jakie pracownik zdobędzie wcześniej.

Na podstawie doświadczeń zdobytych przez przedsiębiorstwa globalne trzeba uznać, że w odpowiednio rozumianym zarządzaniu kompetencjami pracowników zauważa się kilka istotnych zasad, których przestrzeganie powinno ułatwiać



rozwój własny pracowników, a także służyć polityce zarządzania zasobami ludzkimi w przedsiębiorstwie (Harasim, 2012):

1. Istotne jest opracowanie oraz ciągłe aktualizowanie tak zwanego katalogu kompetencji. Konieczna jest do tego stała analiza oraz bieżące rozpoznanie obecnej sytuacji przedsiębiorstwa (wewnętrznej i względem otoczenia), z uwzględnieniem różnych czynników strukturotwórczych wiedzy, takich jak: wykształcenie pracowników, wiek, poziom wynagrodzeń, wskaźniki fluktuacji itp., które należy przyrównywać do odpowiadających im wskaźników przedsiębiorstwa – konkurentów, jak również w odniesieniu do wszelkich wskaźników, które są niewymierne i trudne w ocenie (bilans kompetencji, analiza systemu ocen, ocena polityki ścieżki zawodowej pracowników itp.).
2. Ważne jest opracowanie planów zatrudniania, szkolenia i mobilności pracowników. Należy tego dokonać, biorąc pod uwagę wnioski z opracowań oraz wykonanych analiz. Te trzy rodzaje planów przekładają się na osiągalne sposoby działania w zarządzaniu kompetencjami, jednak wprowadzenie ich w życie jest w praktyce trudne. Polityka rekrutacji bywa dokonywana zbyt późno, dopiero w momencie, gdy obserwuje się zagrożenie przeciążenia pracą. Polityka szkoleniowa jest często niewłaściwa. Również zarządzanie mobilnością pracowników może się okazać trudne. W małych i średnich firmach może to być spowodowane tym, że fluktuacja kadr jest niższa. W większych przedsiębiorstwach barierą zarządzania mobilnością, jaka może wystąpić, może być brak zainteresowania ze strony pracowników zmianami, a często również ich niechęć do zmian. Mobilność wszystkich pracowników powinna być stale wspierana przez kierownictwo i stymulowana przez właściwe działania motywacyjne. Biorąc to pod uwagę, należy pamiętać, aby zdobywaniu nowych kompetencji towarzyszyły różnorodne gratyfikacje, np. premie czy awans. W umiejętny sposób powinno się zarządzać specjalistami, których (zgodnie z polityką zatrudnienia) przedsiębiorstwo chce utrzymać, doskonalić i rozwijać ich kompetencje. Strategiczne zarządzanie zasobami ludzkimi uwzględnia swoim zakresem wiele problemów, jakie występują w organizacji, związanych z efektywnością organizacji, zarządzaniem zmianą, ze strukturą i kulturą, kompetencjami, skutecznością działania, doбором zasobów, biorąc pod uwagę przyszłe wymagania firmy oraz rozwój pracowników. Współczesny rynek pracy oraz gospodarka, która opiera się na wiedzy, stają się światem stawiającym przed ludźmi spore wymagania. Szanse zatrudnienia na wybranym stanowisku pracy oraz odniesienie sukcesów na tym stanowisku zależą w głównej mierze od kompetencji. Kierowanie ludźmi oraz traktowanie ich jako zasobu strategicznego może pomóc firmie doskonalić wyniki i uzyskać przewagę nad konkurencją. Zarządzanie zasobami ludzkimi jest zatem jak najbardziej możliwym i efektywnym wykorzystaniem ludzi w formułowaniu strategii przedsiębiorstwa, jej wdrażaniu i realizacji.

Na podstawie pracy (Kłak, 2010) przeanalizowane zostały korzyści wynikające z zarządzania wiedzą. Można je obserwować na trzech poziomach: rynku, przedsiębiorstwa oraz pracowników. Na poziomie przedsiębiorstwa korzyści, jakie płyną z zarządzania wiedzą, to m.in. wzrost efektywności zarządzania, stworzenie kultury organizacji ułatwiającej dostęp do aktywów wiedzy. Jest to również stały rozwój pracowników, którzy między sobą dzielą się wiedzą, wymieniają doświadczeniami i razem dążą do osiągania celów przedsiębiorstwa. Odpowiednie podejście do zarządzania wiedzą skutkuje redukcją kosztów zarządzania, wzrostem kreatywności, innowacyjności, a także elastyczności przedsiębiorstwa. Z poziomu pracownika wartości dodatnie wynikające z zarządzania wiedzą obserwuje się w obszarze ciągłego rozwoju, stale podnoszonych kompetencji. Pracownicy tworzą więzi z firmą, co ogranicza rotację pracowników, wzrasta u nich poczucie własnej wartości, odczuwają radość z wykonywanej pracy, co przekłada się na jej efektywność. Korzyści płynące z zarządzania wiedzą z poziomu rynku odnoszą się zarówno do partnerów rynkowych, jak i konkurentów. Dzielenie się wiedzą z otoczeniem zewnętrznym wpisane w kulturę organizacji umożliwia płynną wymianę informacji, wiedzy i doświadczeń z partnerami rynkowymi. Daje to możliwość lepszego dopasowania oferty do potrzeb klienta, zapewnia stały monitoring zmian zachodzących na rynku oraz wpływa na zwiększenie efektu medialnego, wzrasta więc prestiż przedsiębiorstwa.

Zarządzanie wiedzą w globalnej gospodarce ma znaczenie strategiczne i wpływa na wartość rynkową organizacji oraz zapewnia jej przewagę konkurencyjną. Ukształtowanie odpowiedniego dla organizacji kapitału intelektualnego wymaga stosowania odpowiednich metod i narzędzi. Wspomagają one zarządzanie, regularne pomiary, ciągłe porównywanie się z konkurentami oraz eliminowanie barier w dzieleniu się wiedzą. Wiedza jest obecnie uważana za najcenniejszy zasób organizacji. Wymaga ona ciągłej aktualizacji i modyfikacji, co jest niezbędne ze względu na turbulencję otoczenia, w którym muszą funkcjonować współczesne organizacje. Mając na uwadze subiektywność wiedzy, każde przedsiębiorstwo powinno dążyć do zapewnienia pracownikom możliwości samorealizacji, autonomii działania, odpowiedzialności za losy firmy oraz integralności z innymi członkami zespołu (Balcerzyk, 2020).

Wiedza jest fenomenalnym zasobem dla organizacji XXI w. Rozwija się wraz ze wzrostem częstotliwości jej udostępniania, a zarządzanie wiedzą odgrywa istotną rolę w Przemysle 4.0. Dalsze badania z tego obszaru powinny się koncentrować na próbie odpowiedzi na następujące pytania (Balcerzyk, 2020):

- Jak zapewnić równowagę w dostępie do wiedzy zarówno dla dużych korporacji, jak i małych i średnich przedsiębiorstw?
- Na co postawić w rozwoju infrastruktury i rozwoju nowoczesnych technologii oraz sztucznej inteligencji?

Przemysł 4.0 to nie tylko technologia, ale także nowe sposoby pracy i rola ludzi w przemyśle. Ważne jest pytanie, jak przezwyciężyć luki kompetencyjne pracowników w zakresie zarządzania wiedzą, jak zapewnić bezpieczeństwo pracowników współpracujących z robotami. Posiadana wiedza jest siłą napędową

rozwoju gospodarczego (Przemysł 4.0). Przyczynia się ona do wzrostu produktywności i efektywności wykorzystania zasobów we wszystkich sektorach gospodarki. Wiedza jest niezbędnym zasobem dla nowoczesnych technologii (np. sztucznej inteligencji), a także źródłem informacji dla małych i średnich przedsiębiorstw w rozwoju produktów oraz usług (Balcerzyk, 2020).

## Bibliografia

- [1] Harasim W. (2012), Zarządzanie kapitałem intelektualnym w organizacji inteligentnej. Wyższa Szkoła Promocji, Warszawa.
- [2] Kłak M. (2010), Zarządzanie wiedzą we współczesnym przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomii i Prawa im. prof. Edwarda Lipińskiego w Kielcach, Kielce.
- [3] Balcerzyk R. (2020), Knowledge Management in Small and Medium-Sized Enterprises. European Research Studies Journal, 23 (Special 3), 529-544.

## 1.6. Delegowanie odpowiedzialności i egzekwowanie zadań

(Konrad Korcz)

Delegowanie jest procedurą, w wyniku której pracownik uzyskuje niezbędne uprawnienia do podejmowania decyzji na konkretnym odcinku wykonywanej pracy lub pełnionej funkcji. Zadowolenie z pracy jest największym motywatorem, a delegowanie zadań jest kluczowe dla sprawnego zarządzania i osiągnięcia celów. Jednostka delegująca musi znać mocne i słabe strony pracowników, przez co może trafniej delegować zadania (Kastelik, 2020).

Dzięki delegowaniu zyskuje się (Tomczak, 2017):

- zmniejszenie obciążenia pracą przez mniejsze zaangażowanie w szczegóły,
- większą swobodę, pozwalającą na skoncentrowanie się na opracowywaniu planów i pracy twórczej,
- rozwój podległego personelu i pełne wykorzystanie jego kwalifikacji,
- podejmowanie decyzji przez osoby znajdujące się bliżej zadań i dzięki temu przyspieszenie ich wykonania,
- większe zaangażowanie i zadowolenie z pracy, poprawiające morale i zwiększające wzajemne zaufanie,
- decentralizację ryzyka w ramach przedsiębiorstwa wyrażającą się tym, że określone zadania może wykonać więcej niż jedna osoba.

Można wyróżnić 10 kroków efektywnego delegowania (Tomczak, 2017):

1. Należy dokładnie określić, które działania mają być przekazane i kiedy. Nie należy pozostawiać opisu na poziomie ogólnym, gdyż ważne szczegóły mogą zostać zgubione.
2. Należy się upewnić, że wybrany pracownik jest zdolny wykonać powierzone zadanie, ma niezbędny zasób wiedzy i przeszedł odpowiednie szkolenie.
3. Należy wyjaśnić, dlaczego oraz jak. Nie powinno się zakładać, że ktoś wie tyle, co osoba delegująca, nawet jeśli długo pracowali razem.
4. Należy ustalić i objaśnić cel – rezultaty, które trzeba osiągnąć.

5. Należy dopilnować, aby formalnemu przekazaniu uprawnień towarzyszyło rzeczywiste ich przekazanie.
6. Należy ocenić, jak obciążony pracą jest pracownik i pomóc mu ustalić priorytety.
7. Należy zawsze określać ostateczny termin realizacji. Jeśli zadanie jest obszerne, należy określać terminy w miarę pokonywania jego kolejnych etapów.
8. Należy okazać w sposób wyraźny zaufanie w to, że dana osoba wywiąże się z powierzonych zadań.
9. Nie należy akceptować problemów, a domagać się rozwiązań, gdyż inaczej okaże się, że to personel deleguje zadania przełożonemu.
10. Należy doceniać wykonywaną pracę.

Delegowaniu nie podlegają (Tomczak, 2017):

- właściwe funkcje koordynowania (wyznaczanie celów, podejmowanie decyzji o polityce przedsiębiorstwa, kontrola wyników itp.),
- prowadzenie i motywowanie pracowników,
- zdania o doniosłych skutkach,
- zdania o wysokim udziale ryzyka,
- nagłe, wymagające pospiechu zdania, przy których brakuje czasu na przeprowadzenie wyjaśnień i kontroli,
- sprawy ściśle poufne.

Struktura rozmowy delegującej jest następująca (Tomczak, 2017):

- **Cel** – należy zdefiniować, co jest do wykonania i jaki rezultat jest oczekiwany. Opis zadania musi być jasny i kompletny.
- **Kto?** – należy zdefiniować, kto jest odpowiedzialny – określić zakres odpowiedzialności i uprawnień.
- **Jak?** – należy określić oczekiwania, co do jakości wykonania zadania.
- **Na kiedy?** – należy wyznaczyć termin zakończenia zadania i terminy zadań cząstkowych.
- **Wsparcie** – należy określić zasoby, z których pracownik może korzystać w trakcie zadania oraz ustalić, kto może udzielić mu pomocy.
- **Ocena** – należy uzgodnić sposób i czas monitorowania postępów prac oraz kryteria oceny końcowej.
- **Zrozumienie zadania** – należy upewnić się, że pracownik zrozumiał zadanie.

Każdy osoba delegująca powinna mieć udzielać pracownikom informacji zwrotnej na temat ich zachowania. W życiu codziennym informacja ta (*feedback*) przyjmuje często postać pochwały lub nagany udzielanej w czasie kilkuminutowych spotkań.

Informacja zwrotna powinna być (Oleksyn, 2016):

- udzielana wkrótce po zaobserwowanym zachowaniu,
- konkretna,
- sformułowana w pierwszej osobie.



Cechy informacji zwrotnej są następujące (Oleksyn, 2016):

- dotyczy konkretnego zachowania, a nie osoby,
- jest przekazywana osobiście,
- jest przekazywana bezpośrednio po zaistnieniu zdarzenia,
- zawiera konkretny opis sytuacji, a nie oceny uogólnienia,
- dotyczy tych właściwości odbiorcy, które mogą być przez niego zmienione,
- jest osobistą opinią wyrażoną za pomocą słów,
- zawiera informacje o oczekiwaniach w stosunku do osoby krytykowanej,
- może zawierać informacje o uczuciach krytykującego,
- uwzględnia zarówno pozytywne, jak i negatywne aspekty zachowania,
- jej intencją jest pomoc drugiej osobie.

Można wyróżnić następujące warunki udzielania informacji zwrotnej (Oleksyn, 2016):

- zapewnia obopólną wygraną,
- pozwala rozwiązać konflikt,
- motywuje tę osobę,
- tworzy zaangażowanie,
- sprzyja zaufaniu,
- wyjaśnia sytuację,
- rozwiązuje problem,
- pozwala utrzymać wzajemny szacunek i godność,
- wymaga oddzielenia osoby od jej zachowania.

**FUKO** jest bardzo popularnym i skutecznym narzędziem asertywnej krytyki.

Zawiera 4 elementy (Oleksyn, 2016):

- F – Fakty – należy opisać konkretne zachowanie pracownika.
- U – Ustosunkowanie – należy zaprezentować, jaki się ma do tego stosunek.
- K – Konsekwencje – należy wskazać skutki zachowania pracownika.
- O – Oczekiwanie – należy wyartykułować, czego oczekuje się od pracownika.

### Przykład

*Marek, spóźniłeś się wczoraj do pracy pół godziny. Zdenerwowało mnie to, musieliśmy czekać na Ciebie z wyjazdem i nadrabiać opóźnienie. Nie chcę więcej takich sytuacji. Oczekuję, że będziesz w pracy punktualnie o 7:00.*

Metoda kanapki (Raczek, 2016) jest wykorzystywana do udzielania krytyki w taki sposób, aby osoba krytykowana przyjęła jej treść łagodniej i łatwiej ją zrozumiała. Składa się ona z następujących etapów:

Etap 1. Informacja pozytywna – trzeba podkreślić dobre zachowania rozmówcy. Na tym etapie trzeba podkreślić dobre strony zachowania pracownika.

Etap 2. Informacja negatywna – trzeba wskazać obszar pracy do poprawy. Na tym etapie nie można wzbudzać w osobie, która zrobiła coś źle, negatywnych



emocji. Należy pokazać konkretną zmianę i pokazać korzyści, które wynikną z jej wprowadzenia do pracy.

Etap 3. Informacja pozytywna – trzeba wskazać możliwości poprawy. Na tym etapie należy wyrazić wiarę w możliwość poprawy osoby, z którą prowadzimy rozmowę. Można powołać się na doświadczenie tej osoby oraz właściwe działania, które ta osoba do tej pory pokazywała. Koniecznie trzeba okazać własną gotowość do pomocy oraz udzielania rad.

Przez delegowanie zadań managerowie mogą skoncentrować się na najważniejszych zadaniach w firmie. Posiadają umiejętność osiągnięcia celów przez pracę z innymi. Pracownicy mogą doskonalić swoje kompetencje, zwiększać swoją wiedzę, umiejętności, zaangażowanie i wiarę w siebie. Przez te wszystkie działania poprawiają się ogólna wydajność oraz rezultaty pracy.

## Bibliografia

- [1] Tomczak M., Krawczyk-Bryłka B. (2017), Zarządzanie zasobami ludzkimi. Difin, Warszawa.
- [2] Oleksyn T. (2016), Zarządzanie zasobami ludzkimi w organizacji. Wolters Kluwer, Warszawa.
- [3] Raczek A. (2016), Współczesne problemy i wyzwania zarządzania zasobami ludzkimi w organizacjach międzynarodowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Zarządzanie, 22, 168-184.
- [4] Kastelik P. (2020), Superwizja pracy socjalnej – moja wędrówka ku zrozumieniu. Zeszyty Pracy Socjalnej, 25, 2, 141-145.

## 1.7. Całkowita efektywność pracy (Piotr Ziobro)

Praca w kontekście siły roboczej odgrywa kluczowe znaczenie w rozwoju nowoczesnych przedsiębiorstw, stąd też zdolność dostosowania się do zmiennego rynku pracy oraz właściwa ocena wskaźników związanych z efektywnością pracy stanowią priorytet w skutecznym planowaniu i zarządzaniu (Graetz, 2020).

Jednym z istotnych wskaźników oceniających pracę kadry pracowniczej jest wskaźnik całkowitej efektywności pracy (ang. *Overall Labour Effectiveness* – OLE). Jest analizą sumy trzech czynników (rys. 1.5) dotyczących wpływu siły roboczej na produkcję (Staworzyński, 2019):

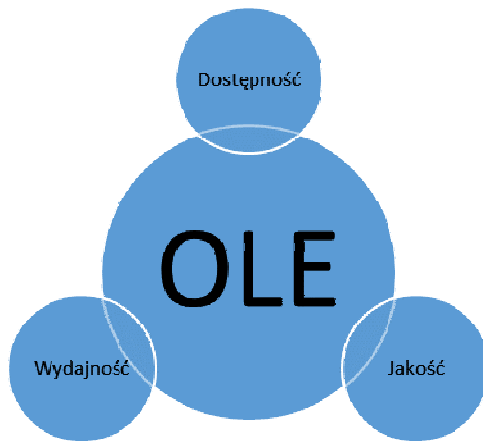
- **dostępności**: procentu czasu, jaki pracownicy spędzają na efektywnej pracy,
- **wydajności**: ilości dostarczonego produktu,
- **jakości**: procentu wytworzonego produktu, który jest zgodny lub nadający się do sprzedaży.

Wskaźnik ten jest kluczem do zrozumienia wpływu siły roboczej na wydajność produkcji oraz zapewnia płaszczyznę, która pomaga diagnozować i przewidywać tę wydajność.

Wskaźnik OLE zapewnia wgląd w krytyczne elementy przygotowania i wykonania siły roboczej. Dzięki niemu kadra zarządzająca uzyskuje możliwość



oceny, w jaki sposób siła robocza wpływa na rentowną produkcję i może wskazać, jakie są podstawowe przyczyny jej nieefektywnego wykorzystania.



Rys. 1.5. OLE

Źródło: Opracowanie własne.

OLE może pokazać, w jaki sposób zasoby i pracownicy łączą się, aby zwiększyć wydajność. Analiza OLE (DPG Staworzyński, 2019):

- pozwala na ocenę efektywności pracy na poziomie operatora, działu, zakładu, a nawet korporacji,
- może ujawnić interakcję współzależnych zmiennych. Zmiany wprowadzone w celu ulepszenia jednego obszaru mogą mieć negatywny wpływ na inne obszary. Na przykład zmiana procesu przyspiesza dostarczanie części do hali produkcyjnej, ale komplikuje operacje magazynowe,
- uwidacznia trendy, które z osobna są zbyt małe, aby można je było zauważyć. Są one wyróżniane wcześniej ze względu na ich kaskadowy wpływ na ogólną wydajność.

OLE to zaawansowana analiza usprawniająca wkład siły roboczej. Efektywna praca jest osiągnięta, gdy kadra zarządzająca może zarządzać trzema elementami OLE – dostępnością, wydajnością i jakością. Kluczowe jest zrozumienie współzależności między tymi czynnikami i zarządzanie nimi w czasie rzeczywistym (Kronos, 2007).

**Dostępność** należy rozumieć jako podstawowe kryterium, a wykorzystanie jest najważniejszym składnikiem dostępności. Istnieje wiele czynników, które wpływają na dostępność siły roboczej, a tym samym na potencjalną wydajność sprzętu i zakładu, m.in.:

- nieobecność i wykorzystanie uwzględniające chorobę pracownika, zatwierdzone lub niezatwierdzone urlopy oraz okresy nieobecności z powodu szkoleń, spotkań lub innych działań,
- planowanie wymagające posiadania odpowiednich umiejętności we właściwym czasie. Oprócz zapewnienia obecności pracowników należy wziąć

pod uwagę umiejętności i certyfikaty pracowników, a także elastyczne harmonogramy pracy,

- czas pośredni obejmujący opóźnienia materiałowe, czas bezczynności, zmianę zmiany i przestój maszyny.

Analiza wyników decyduje o tym, czy wytworzenie lub dostarczenie produktu lub usługi trwało tak długo, jak wskazywały na to standardy pracy firmy.

Wyniki **wydajności** obejmują:

- dostępność procesów, instrukcji, narzędzi i materiałów. Problemy w hali produkcyjnej mają negatywny wpływ na jakość,
- szkolenie i umiejętności. Wpływają one na zdolność do dostarczania oczekiwanych wyników przez całą zmianę lub pracę,
- pośredni personel pomocniczy. Niewystarczająco wyszkolona lub wykwalifikowana siła robocza będzie wymagała dodatkowego personelu pomocniczego, w tym przełożonych, techników utrzymania ruchu i personelu zapewniającego jakość.

Osiągnięcie wymaganego poziomu **jakości** jest kluczowe. Wpływają na nie:

- wiedza pracowników – umiejętności pracowników mają bezpośredni wpływ na jakość wyników,
- właściwe zastosowanie instrukcji i narzędzi przez pracowników.

Wiele korzyści płynie z przeprowadzania analizy OLE. Ogromną wartość analizy OLE stanowią: zdolność do pokazania przyczyny i skutku oraz zidentyfikowanie problemów wpływających na rentowność, takich jak:

- przyczyny źródłowe,
- środki predykcyjne,
- zwrot z inwestycji w szkolenia.

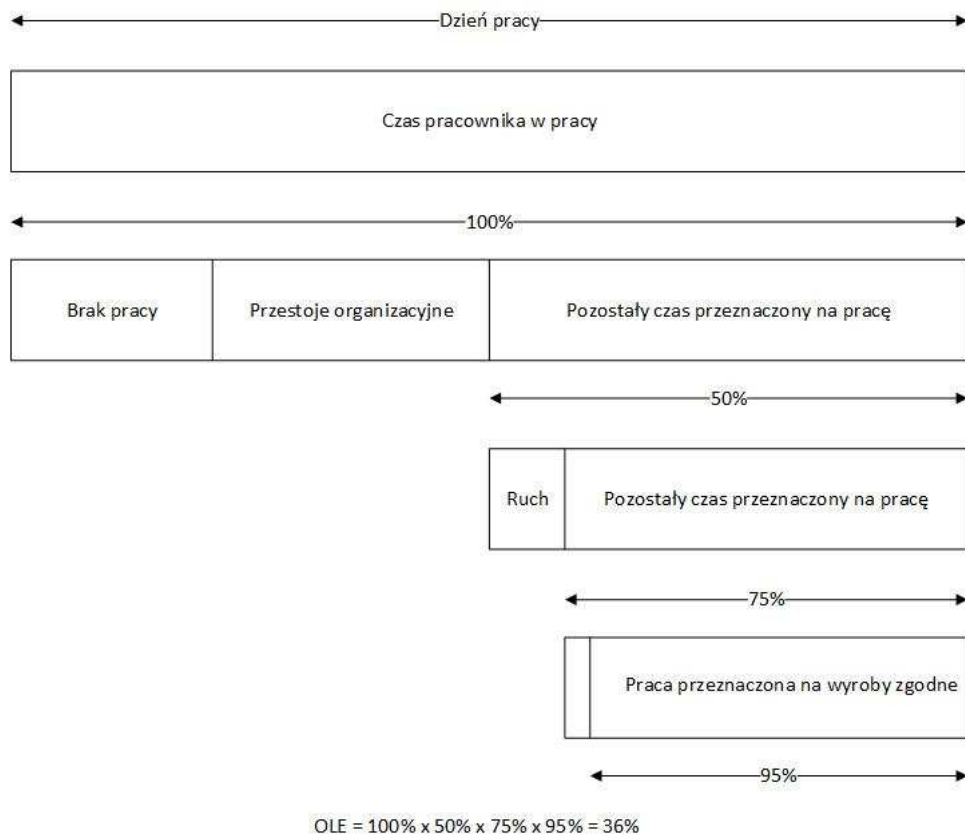
Zależności pomiędzy zasobami i pracownikami są eksponowane przez wskaźnik OLE pokazujący w formie niepodważalnych dowodów, jak zmiany wprowadzone w celu poprawy jednego obszaru mogą negatywnie bądź pozytywnie wpływać na inne obszary (Jagodziński i Ostrowski, 2016). Rysunek 1.6 prezentuje, w jaki sposób i z jakich powodów zmniejsza się czas dostępny pracownika.

Efektywne wykorzystanie OLE pozwala odkryć dane, które napędzają analizę przyczyn źródłowych i wskazują na działania naprawcze. Podobnie OLE ujawnia trendy, które można wykorzystać do diagnozy bardziej wyszukanych problemów. Pomaga również managerom zrozumieć, czy działania naprawcze faktycznie rozwiązały problemy i poprawiły ogólną produktywność.

OLE pomaga rozwinąć wysoce zmotywowaną, efektywną siłę roboczą, pomagając określić, gdzie jest wymagana poprawa procesów, materiałów, szkoleń lub pośredniego wsparcia.

OLE jest to jeden ze wskaźników, który powinien być wykorzystany do zaawansowanej oceny efektywności przedsiębiorstwa 4.0, w szczególności w trakcie digitalizacji. W połączeniu z wieloma czynnikami związanymi z parkiem maszynowym, jakością, produkcją i logistyką pozwala na określenie efektywnych KPI, służących do monitorowania zmian (Skvortsova i in., 2020).





Rys. 1.6. Przykład liczenia OLE

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: (StartupAkademia, 2014).

## Bibliografia

- [1] DPG Staworzyński (2019), Wskaźnik OLE – Overall Labor Effectiveness. Dostępne na: <https://staworzynski.com/artykuly/ole> (dostęp: 30.12.2020).
- [2] Graetz G. (2020), Labor Demand in the Past, Present and Future, CESifo Working Papers No. 8234. Dostępne na: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3584085](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3584085) (dostęp: 26.01.2021).
- [3] Jagodziński J., Ostrowski D. (2016), Optymalizacja wybranego procesu produkcyjnego w oparciu o zasadę ciągłego doskonalenia na przykładzie przedsiębiorstwa X. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Zarządzanie, 24, 2, 201-214.
- [4] Kronos Incorporated (2007), Overall Labor Effectiveness (OLE): Achieving a Highly Effective Workforce. Dostępne na: <https://workforceinstitute.org/wp-content/uploads/2008/01/ole-achieving-highly-effective-workforce.pdf> (dostęp: 30.12.2020).
- [5] Skvortsova N.V., Rakhlis T.P., Savelyeva I.A. (2020), Economic Assessment of the Effectiveness of the Introduction of Industry 4.0 Technologies in the Activities of Industrial Enterprises. 2nd International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2020), 474-479, Atlantis Press. Dostępne na: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iscde-20/125947847> (dostęp: 26.01.2021).

## 1.8. Rozwiązywanie problemów i podejmowanie decyzji w zespole produkcyjnym (Tomasz Gortych)

Zarządzanie zespołem produkcyjnym jest skomplikowanym zadaniem, szczególnie w kontekście komunikacji, motywacji czy przydzielania zadań. Na początku warto zdefiniować główne pojęcia (Hamrol, 2018):

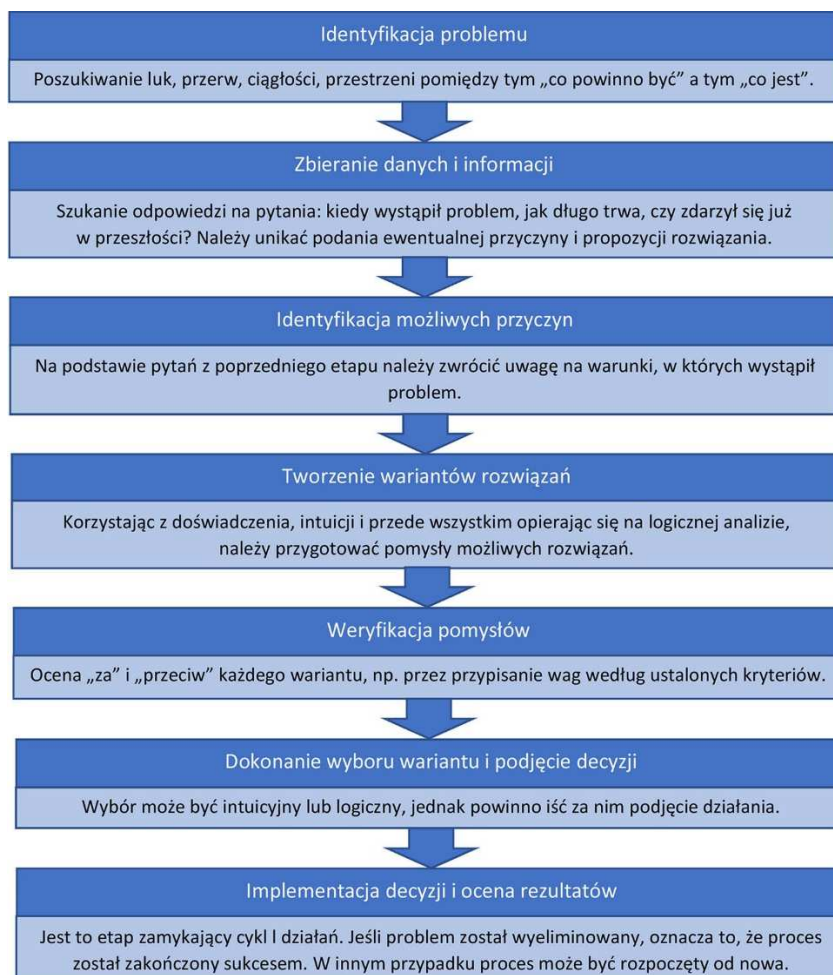
- sytuacja problemowa (problem) istnieje wtedy, gdy ma się do czynienia z różnicą stanu oczekiwanego i rzeczywistego,
- rozwiązanie problemu następuje wówczas, gdy podejmuje się świadomy wysiłek, aby zniwelować różnicę pomiędzy oczekiwaniami a stanem istniejącym,
- decyzja ma miejsce, gdy zostaje dokonany wybór pomiędzy możliwymi wariantami.

Niezaprzeczalnie rolą kierownictwa jest przyjęcie odpowiedzialności za ewentualne trudności oraz ich wyjaśnianie. Warto jednak, aby managerowie wyprzedzali takie zdarzenia, co jest możliwe dzięki doświadczeniu czy intuicji. To dzięki wymienionym cechom możliwe staje się rozpoznawanie problemów już we wczesnych etapach ich występowania. Nie mniej istotnym wyzwaniem stojącym przed kierownictwem jest rozwiązywanie problemów w zespole. Jest to proces, w którym identyfikuje się problemy i ich przyczyny, opracowuje i ocenia możliwe rozwiązania oraz podejmuje się na tej podstawie przemyślane decyzje, określane jako nierozłączny element rozwiązywania problemów. Rysunek 1.7 prezentuje ogólne etapy rozwiązywania problemów.

Dalsza część opracowania skupia się na przedstawieniu kilku wybranych metod i narzędzi rozwiązywania problemów. Większość z nich opiera się na klasycznej logice i koncentruje się na analizie. Istotne są tutaj doświadczenie i intuicja zarządzającego. Do najbardziej znanych metod i narzędzi analizy problemów można zaliczyć (Wawak, 2016; Hamrol, 2018):

1. **Diagram Pareto-Lorenza** zakładający, że jedynie mała liczba czynników ma wpływ na całość systemu, pozostałe czynniki mają natomiast znikome znaczenie. Nazywany jest również metodą ABC lub prawem 20-80. Prawdą jest, że zastosowanie tej zasady można odnaleźć w wielu dziedzinach życia, gdyż głównym założeniem jest to, że:
  - 20% przyczyn przynosi 80% strat,
  - 80% braków jest generowanych przez 20% przyczyn,
  - 20% informacji warunkuje 80% decyzji.

Mówiąc krótko, niewielka liczba osób i przyczyn jest odpowiedzialna za powstanie większości problemów, występujących zjawisk, a zlikwidowanie tych 20% przyczyn znacząco poprawi końcowy wynik, proces, sytuację.



Rys. 1.7. Etapy rozwiązywania problemów

Źródło: Opracowanie własne.

**2. Diagram Ishikawy** nazywany także diagramem przyczyn i skutków, wykresem lub diagramem rybiej ości. Określa przyczynę i skutek, dzięki którym managerowie są w stanie wyśledzić przyczynę problemu, wady czy awarii. Często znajduje swoje zastosowanie np. w burzy mózgów, ponieważ jako narzędzie wizualne może wywołać kolejne skojarzenia pierwotnych przyczyn. Dzięki klasyfikacji potencjalnych problemów na poszczególne elementy procesu łatwiej jest zlokalizować i wyeliminować przyczynę. Rysunek 1.8 przedstawia przykład zastosowania diagramu Ishikawy, a pokazane na nim kategorie przyczyn zwykle są wybierane z zestawu zwanego 5M+E (Wawak, 2016):

- człowiek (*Man*),
- maszyna (*Machine*),

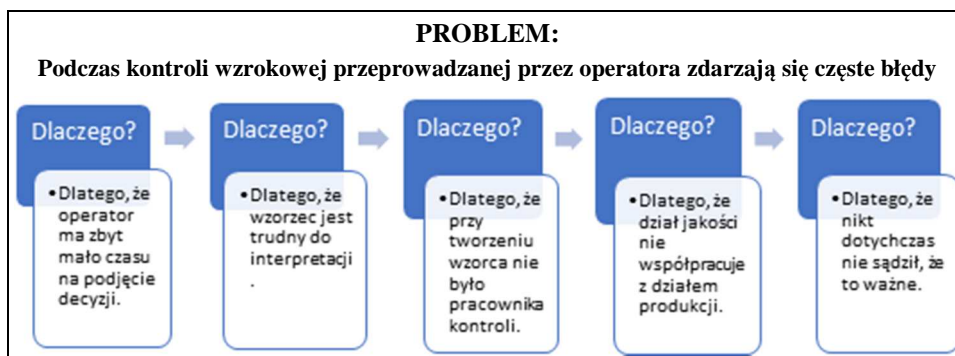
- materiał (*Material*),
- stosowana metoda (*Method*),
- kierownictwo (*Management*),
- otoczenie (*Environment*).



Rys. 1.8. Przykład diagramu Ishikawy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Wawak, 2016).

**3. Metoda 5xWhy?** podobnie jak wcześniej przedstawione narzędzie jest stosowana w celu ustalenia podstawowej przyczyny problemu. Przez zadawanie pytań „Dlaczego?” możliwe jest dojście do źródła zakłóceń, zbadanie przyczyny i następnie rozwiązanie problemu. Warto wspomnieć, że niejednokrotnie odpowiedź znajduje się już na wcześniejszym stopniu. 5xWhy? nadaje się jednak tylko do mało złożonych problemów, których przyczyny są skoncentrowane w jednym obszarze (Hamrol, 2018). Przykładowe zastosowanie metody 5xWhy? prezentuje rys. 1.9.



Rys. 1.9. Przykład zastosowania metody 5xWhy?

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Hamrol, 2018).

Analiza i znalezienie źródła problemu stanowią początek, gdyż dopiero w tym momencie można podjąć działanie. Żeby to zrobić, należy stworzyć możliwe warianty rozwiązania, ocenić „za” i „przeciw” każdego z nich i dokonać ostatecznego wyboru. To właśnie decyzja jest ostatecznym celem całego działania. *Proces podejmowania decyzji definiuje się jako poznanie i określenie istoty decyzji, wyselekcjonowanie różnych możliwości, wariantów, wybór tej „najlepszej” oraz wprowadzenie jej w życie* (Kowalczyk i Roszyk-Kowalska, 2016). Proces podejmowania decyzji, zwłaszcza w przedsiębiorstwach produkcyjnych, jest dla wielu osób czynnością codzienną, rutynową, a z drugiej strony bardzo złożoną, wymagającą wielu zadań związanych z pozyskiwaniem informacji czy oceną ich ryzyka. Niewątpliwie największy wpływ na skuteczność podejmowanych decyzji ma sam rodzaj sytuacji decyzyjnej, stąd też powstało kilka modeli podejmowania decyzji (Lunenburg, 2010):

1. Model racjonalny – decyzja jest podejmowana zgodnie z wcześniej przyjętą procedurą.

Proces podejmowania decyzji przebiega w kilku etapach:

- rozpoznanie problemu,
  - ustalenie kryterium decyzyjnego,
  - sortowanie wariantów decyzyjnych zgodnie z przyjętym kryterium,
  - podjęcie decyzji,
  - realizacja decyzji i kontrola.
2. Model ograniczonej racjonalności – proces podejmowania decyzji polega na znalezieniu pierwszego, zadowalającego wariantu decyzji zgodnie z przyjętym minimalnym kryterium spełniającym warunki określone przez osoby decyzyjne.
  3. Model kosza na śmieci – proces podejmowania decyzji nie jest sekwencyjny. Do tak zwanego kosza wrzucane są problemy, rozwiązania oraz osoby decyzyjne, które łączą się w koszu w procesie dokonywania wyboru/decyzji.

Decyzje klasyfikuje się także według rodzajów, np. operacyjne, taktyczne, strategiczne, krótko-, średnio-, długoterminowe, rutynowe, innowacyjne i wiele innych (Rączka i in., 2007). Dokonanie jednoznacznej klasyfikacji decyzji jest jednak niezwykle trudne z powodu ich ogromnej liczby oraz różnorodności.

Podsumowując, proces podejmowania decyzji jest nieodłącznym elementem w każdej organizacji. Bez względu na szczeble zarządzający są zobowiązani do częstego rozwiązywania problemów, a co za tym idzie – podejmowania decyzji. Nie jest to jednak łatwe zadanie, ponieważ zazwyczaj dochodzi do licznych rozbieżności, odchyżeń, błędów, sprzeczności. Stąd też w obecnym czasie kładzie się duży nacisk na managerów i ciągłe doskonalenie w dziedzinie skutecznego podejmowania decyzji.

## Bibliografia

- [1] Hamrol A. (2018), Zarządzanie i inżynieria jakości. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.



- [2] Kowalczyk E. Roszyk-Kowalska G. (2016), Człowiek w organizacji XXI wieku. Wyzwania dla współczesnego zarządzania. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań.
- [3] Wawak S. (2016), Zarządzanie jakością. Podstawy, systemy i narzędzia. Onepress, Gliwice.
- [4] Rączka K., Kowalski M., Gąsiorek S. (2007), Systemy wspomagające podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwie. Inżynieria Rolnicza, 6(94), 205-212.
- [5] Lunenburg F.C. (2010), The Decision Making Process. National Forum of Educational Administration & Supervision Journal, 27, 4.





## Rozdział 2.

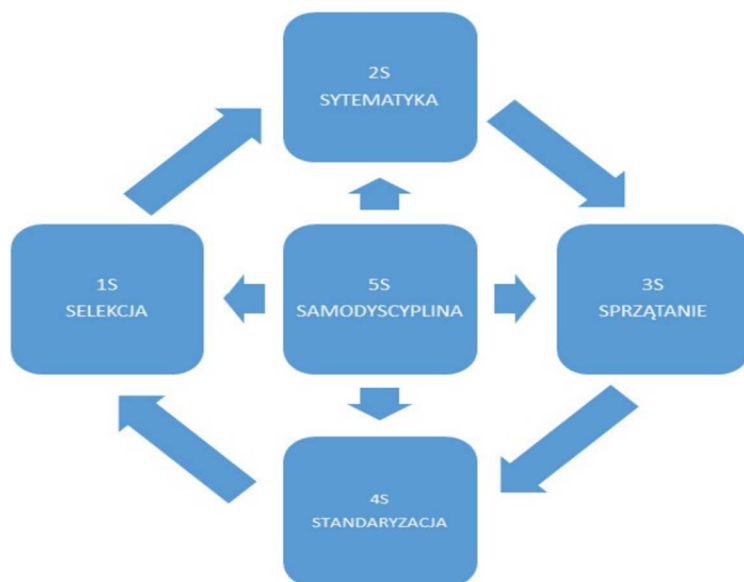
### Zarządzanie parkiem maszyn technologicznych

#### 2.1. Metoda 5S (*Krzysztof Ufnal*)

Celem działania każdej organizacji jest osiągnięcie zysku, a wysoce konkurencyjny globalny rynek wymaga od przedsiębiorców większej świadomości odnośnie do swoich produktów i zapewnienia im wysokiej jakości. Firmy szukają oszczędności przede wszystkim przez odpowiednie zarządzanie procesami i produktami, ograniczając w ten sposób ponoszone nakłady oraz eliminując wszelkiego rodzaju marnotrawstwo, jednocześnie podnosząc jakość oferowanych produktów czy usług. Z marnotrawstwem przedsiębiorstwa borykają się na co dzień, ponieważ nadmierne lub niepotrzebne użycie materiałów, przestrzeni, zasobów produkcyjnych, nadprodukcja, tworzenie zapasów, transport, opóźnienia wymagają poniesienia kosztów, które niekoniecznie przyczyniają się do podniesienia wartości produktów. Ukryte ponoszone nakłady, do których można zaliczyć wymienione marnotrawstwa, znacznie wpływają na wzrost kosztów produkcji, zmniejszenie marży oraz utratę konkurencyjności. Redukcja odpadów ma więc istotne znaczenie dla osiągnięcia odpowiedniego poziomu zysków, a niektórym przedsiębiorstwom pomaga po prostu przetrwać na rynku (Deshpande i in., 2015; Kocira i in., 2015; Ramesh i in., 2014; Singh i in., 2014; Wolnowska, 2010).

Jedną z filozofii pozwalających na zwiększenie efektywności bez ponoszenia dużych nakładów finansowych jest metoda 5S. Metoda ta zapewnia efektywną i ekonomiczną produkcję wyrobów wysokiej jakości przez wykrywanie i eliminowanie aktywności, które nie podnoszą wartości produktów (Burka, 2011; Gala i Wolniak, 2013; Rojasa i Qureshi, 2013). Metoda ta, jak wskazują Farris i in. (2009), analizując 51 zdarzeń Kaizen w sześciu przedsiębiorstwach, wymaga zrozumienia jej idei przez wszystkich pracowników, a przede wszystkim przez kadre zarządzającą. Informacje uzyskane od pracowników przedsiębiorstwa, w którym odbył się proces wdrażania i z powodzeniem funkcjonuje metoda 5S, są cennymi wskazówkami i motywatorami dla innych firm chcących usprawnić funkcjonowanie zakładu. Zaprezentowane wyniki przeprowadzonej anonimowej ankiety wskazują, jakie korzyści płyną z wdrożenia opisanej metody oraz jakie problemy i trudności wystąpiły na etapie wdrażania i funkcjonowania 5S. Największym problemem jest utrzymanie uzyskanej poprawy w długim okresie, jednak metoda ta pozwala dość szybko wprowadzić korzystne zmiany na stanowiskach pracy oraz pozytywnie wpłynąć na ekonomiczne aspekty działalności przedsiębiorstwa (Azzemou i Noureddine, 2012; Farris i in., 2009; Gapp i in., 2008; Kafel i Sikora, 2013; Khamis i in., 2009).

Metoda 5S jest wykorzystywana do ciągłej poprawy i doskonalenia procesów, a jej głównym celem jest stworzenie wydajnego, czystego i ergonomicznego środowiska pracy zapewniającego wymaganą jakość produktów przy zminimalizowaniu ponoszonych nakładów. Metoda ta opiera się na 5 prostych zasadach, które pozwalają na zmniejszenie liczby popełnianych błędów oraz eliminację marnotrawstwa, zwiększenie produktywności i bezpieczeństwa (rys. 2.1) (Kafel i Sikora, 2013; Lingareddy i in., 2013; Michalska i Szewieczek, 2007; Olejarczyk i Rosienkiewicz, 2014; Ramesh i in., 2014).



Rys. 2.1. Filary narzędzia 5S

Źródło: Opracowanie własne.

Na metodę 5S składa się pięć filarów organizacji stanowiska pracy, które można scharakteryzować następująco (Kocira i in., 2015; Lingareddy, 2013; Michalska i Szewieczek, 2007; Olejarczyk i Rosienkiewicz, 2014):

**1S – Seiri – Selekcja.** Pierwszym krokiem podczas wdrażania metody 5S jest usunięcie ze stanowiska pracy wszystkich elementów, które ani pośrednio, ani bezpośrednio nie uczestniczą w działaniach produkcyjnych. Dokonywany jest podział przedmiotów na te, które w żadnym stopniu nie podnoszą wartości wyrobu oraz te, które są niezbędne podczas wykonywania bieżącej pracy. Przedmioty zbędne są oznaczane na tym etapie czerwonymi etykietami i usuwane ze stanowiska pracy, a te wobec których pojawiają się wątpliwości, są przenoszone do odizolowanej strefy.

**2S – Seiton – Systematyka.** Po dokonaniu selekcji przedmiotów pracy można wdrożyć bardziej kompleksowy system pracy. Skupia się on na określeniu właściwych warunków przechowywania pozostawionych maszyn, narzędzi i przyrządów

oraz na jak najlepszym zorganizowaniu stanowiska pracy. Podczas drugiego etapu wyznacza się ściśle określone miejsca, w których przedmioty niezbędne do produkcji będą się znajdować. Miejsca na narzędzia, sprzęty, materiały są wyznaczone zgodnie z częstotliwością używania oraz przy uwzględnieniu bezpieczeństwa i ergonomii. Wyraźnie wyznaczane są obszary hali produkcyjnej, a stanowisko pracy jest porządkowane. W ten sposób tworzone jest miejsce, które wspomaga długoterminową produktywność.

**3S – Seiso – Sprząatanie.** Trzeci etap wprowadzenia 5S opiera się na sprzątanii. Sprawna realizacja zadań wymaga czystego i zorganizowanego środowiska pracy. Kurz, brud, odpady są źródłem nieporządku i świadczą o braku dyscypliny, nieefektywnej, wadliwej pracy oraz mogą doprowadzić do wypadków. Usunięcie głównych przyczyn nieczystości pozwala na szybsze wykrycie odstępstw od norm, defektów, które powodują awarie oraz niebezpieczeństwa, a systematyczne, codzienne sprząatanie pozwala na eliminację marnotrawstwa wynikłego np. z awarii, przestojów czy poszukiwania odpowiednich przedmiotów niezbędnych do realizacji zadań produkcyjnych.

**4S – Seiketsu – Standaryzacja.** Porządek i bezpieczeństwo na stanowisku pracy zostają zachowane dzięki opracowanym i wdrożonym standardom w postaci procedur i zasad. Dokumenty opracowane przy zaangażowaniu wszystkich uczestników procesu powinny być jasne, zrozumiałe oraz umiejscowione w łatwo dostępnych, widocznych i stałych lokalizacjach. Ustanowienie standardów dotyczących utrzymania czystości na stanowisku pracy pomaga pracownikom w zachowaniu porządku i regularności wykonywania poszczególnych czynności. Czyszczenie i porządkowanie miejsca pracy bez wyraźnie ustalonych norm może odbywać się nieregularnie i niedbale, aż do zaniechania poszczególnych kroków, co w efekcie skutkuje niepowodzeniem przy wdrażaniu metody 5S.

**5S – Shitsuke – Samodyscyplina.** Jest najtrudniejszym krokiem do wykonania i realizacji. Bez tego elementu, nawet przy idealnie zorganizowanym planie wdrożenia 5S, powoli wszystko będzie zanikać i przywrócony zostanie stan początkowy. Aby zyski z wprowadzenia metody 5S mogły zostać osiągnięte, należy wytłumaczyć pracownikom rolę tego elementu w osiągnięciu sukcesu. Każdy musi zrozumieć nie tylko znaczenie porządku, czystości i bezpieczeństwa, ale również wyrazić gotowość do podejmowania niezbędnych kroków gwarantujących utrzymanie i doskonalenie obecnego stanu oraz motywować się do realizacji założonych celów. Tabela 2.1 prezentuje zasady postępowania w poszczególnych filarach 5S wraz z osiąganymi korzyściami.

W pracy (Krawczuk i Kocira, 2016) przedstawiono wyniki ankietyzacji przeprowadzonej w lutym 2015 r. i dotyczącej zrealizowanego programu wdrażania metody 5S. Badaniem objęto grupę 30 pracowników działu Chemia przedsiębiorstwa Nicols w Zakładzie Produkcyjnym w Trawniskach po 1,5-letnim procesie wdrażania. Pracownicy odpowiadali na pytania dotyczące elementów metody 5S, wpływu wdrożenia metody na funkcjonowanie przedsiębiorstwa oraz korzyści wynikających z przestrzegania zasad tej metody. Podsumowanie uzyskanych wyników przedstawiono na rys. 2.2-2.5. Uznano, że mogą one stanowić interesujący

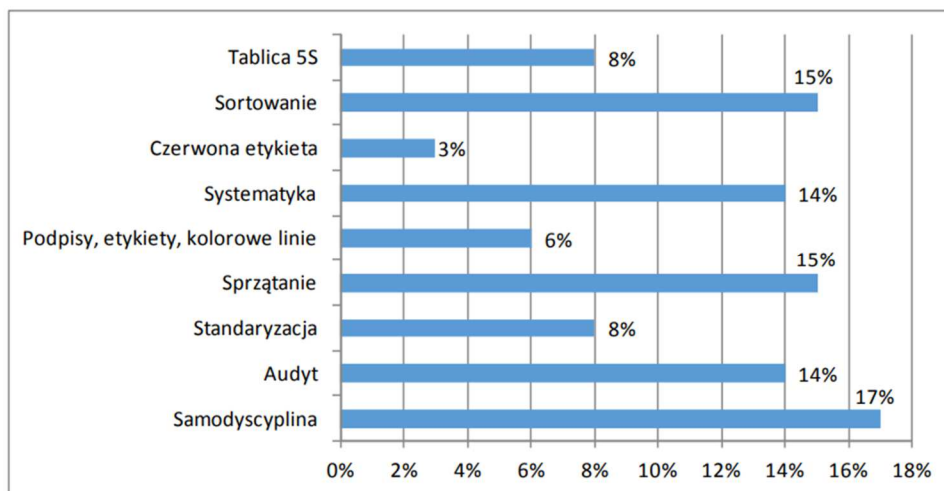
materiał przy prezentacji metody 5S. Po dalsze szczegóły należy sięgnąć do pracy źródłowej.

Tabela 2.1. Zasady postępowania w poszczególnych filarach 5S wraz z osiąganymi korzyściami

Symbol	Filar	Zasada	Korzyść
1S	Selekcja	odseparowanie ze stanowiska pracy wszystkiego, co jest zbędne do jej wykonywania	identyfikacja nadmiernych materiałów, nieużywanych narzędzi i przyrządów, starych instrukcji pracy, niepotrzebnych danych i innych informacji, które nie są konieczne do wykonywania zadań produkcyjnych lub usługowych, a zakłócają jedynie ich poprawny przebieg oraz przyczyniają się do powstawania marnotrawstwa. W ten sposób etap sortowania pozwala utrzymać stanowisko pracy w czystości oraz pomaga pozostawić na nim tylko to, co jest naprawdę potrzebne
2S	Systematyka	oznaczenie wszystkich elementów stanowiska pracy	przejrzystość i pełna wizualność miejsca pracy pozwala na wyeliminowanie wielu rodzajów marnotrawstwa na stanowiskach pracy
3S	Sprzątanie	określenie częstotliwości i metody sprzątania stanowiska pracy	utrzymanie obszaru wdrożenia 5S w dobrym stanie przez właściwe czyszczenie stanowiska oraz jego konserwację, identyfikację źródeł i przyczyn powstawania zanieczyszczeń
4S	Standaryzacja	określenie standardów realizacji	stworzenie dokładnych instrukcji oraz zakresu wykonywania wszystkich czynności w zakresie pierwszych trzech kroków 5S, podjęcie działań mających na celu zabezpieczenie zmian doskonalących stanowiska pracy przed powrotem do stanu poprzedniego
5S	Samodyscyplina	przestrzeganie poprzednich zasad	wyrobienie wśród pracowników stanowisk pracy nawyków i przyzwyczajeń koniecznych do przestrzegania wdrożonych rozwiązań usprawniających, jak również umiejętności pracy zgodnie ze standardami

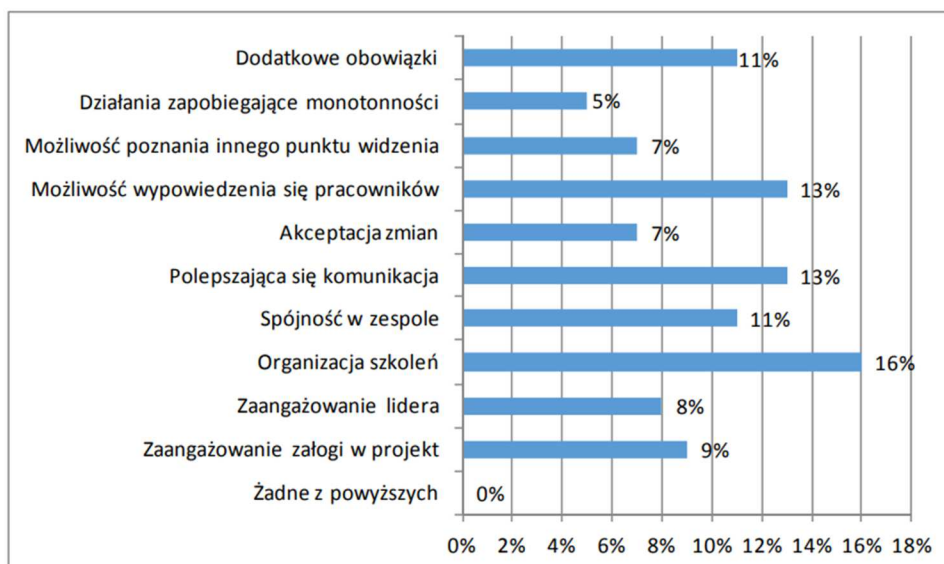
Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 2.2 prezentuje odpowiedzi na pytanie dotyczące cech i narzędzi charakteryzujących metodę 5S. Rysunek 2.3 przedstawia zjawiska, jakie zachodziły podczas wdrażania metody 5S.



Rys. 2.2. Elementy charakterystyczne dla metody 5S

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Krawczuk i Kocira, 2016).



Rys. 2.3. Zjawiska zachodzące podczas wdrażania metody 5S

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Krawczuk i Kocira, 2016).

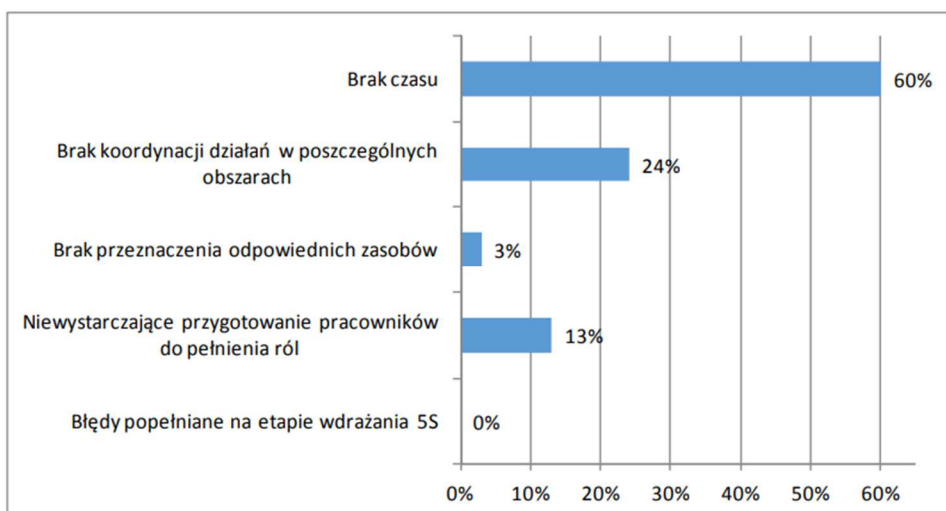
Rysunek 2.4 przedstawia cele, do których osiągnięcia dążono przez wdrażanie metody 5S.

Podczas wdrażania metody 5S zauważono pojawiające się błędy. Na rysunku 2.5 przedstawiono wskazane przez pracowników przyczyny tych błędów.



Rys. 2.4. Cele osiągnięte przez wdrożenie metody 5S

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Krawczuk i Kocira, 2016).



Rys. 2.5. Przyczyny błędów pojawiających się po wdrożeniu metody 5S

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Krawczuk i Kocira, 2016).

Wdrożenie metody 5S niesie ze sobą wiele korzyści. Pozwala nie tylko na wizualne uporządkowanie miejsca pracy, ale przede wszystkim przyczynia się do eliminacji marnotrawstwa oraz zwiększenia wydajności i efektywności wyko-



nywanej pracy. Wdrożenie metody 5S wymaga od wszystkich pełnego zaangażowania oraz wyrobienia nawyku samodyscypliny, bez czego proces ten nie zakończy się sukcesem. Pracownicy produkcyjni biorący udział w ankiecie bardzo dobrze wiedzieli, że w firmie funkcjonują zasady i elementy związane z metodą 5S. Proces wdrażania był jasno zakomunikowany oraz poprzedzony serią szkoleń przeprowadzonych dla całej załogi. Należy jednak zaznaczyć, że w firmie następuje duża rotacja pracowników ze względu na charakter produkcji. Nowi pracownicy przechodzą szkolenia wstępne dotyczące stosowania zasad metody 5S, ale nie wszyscy uczestniczyli w pełni we wdrażaniu tej metody i nie do końca są świadomi, jakie elementy ją charakteryzują. Podczas wprowadzania metody 5S zachodziły pozytywne zmiany nie tylko co do organizacji stanowiska pracy, ale również wśród pracowników. Poprawiająca się komunikacja oraz zaangażowanie liderów i pracowników pozwoliło na bardziej efektywną i spójną pracę zespołów roboczych. Utrzymanie czystości maszyn i urządzeń na stanowisku pracy przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa, usprawnienia procesów produkcyjnych oraz eliminacji marnotrawstwa. Pracownicy przyznali, że po wdrożeniu metody 5S zmiany, jakie zaszły w przedsiębiorstwie, były pozytywne. Według nich stosowanie się do zasad metody 5S wpłynęło pozytywnie na wizerunek firmy i podniosło jej pozycję wśród konkurencji.

## Bibliografia

- [1] Azzemou R., Noureddine M. (2012), Application of the 5S method in an Algerian firm. *Management*, 2(5), 193-203.
- [2] Burka I. (2011), ISO 9001 jako baza Lean Management. *Problemy Jakości*, 43(4), 2-7.
- [3] Deshpande S.P., Damle V.V., Patel M.L., Kholamkar A.B. (2015), Implementation of 5S Technique in a manufacturing organization: A Case Study. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(01), 136-148.
- [4] Farris J.A., Van Aken E.M., Doolen T.L., Worley J. (2009), Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 117(1), 42-65.
- [5] Gala B., Wolniak R. (2013), Problems of implementation 5S practices in an industrial company. *Management Systems in Production Engineering*, 3, 4(12), 8-14.
- [6] Gapp R., Fisher R., Kobayashi K. (2008), Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision*, 46, 4, 565-579.
- [7] Kafel P., Sikora T. (2013), Wykorzystanie metod i narzędzi zarządzania jakością w przedsiębiorstwach branży spożywczej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 20(1).
- [8] Khamis N., Abraham M.N., Jamaludin K.R., Ismail A.R., Ghani J.A., Zulkifli R. (2009), Development of 5S practice checklist for manufacturing industry. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. 1, no. 3, pp. 1-5.
- [9] Kocira S., Krawczuk A., Mucha A., Marczuk A., Parafiniuk S. (2015), Technika 5S jako element wspomagający zarządzanie jakością w przedsiębiorstwie chemicznym: studium przypadku. *Przemysł Chemiczny*, 94(7), 1209-1212.
- [10] Krawczuk A., Kocira S. (2016), Ocena wdrażania metody 5S w przedsiębiorstwie: studium przypadku. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 3, 31-40.



- [11] Lingareddy H., Reddy G.S., Jagadeshwar K. (2013), 5S as a tool and strategy for improving the work place. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 4(2), 28-30.
- [12] Michalska J., Szewieczek D. (2007), The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211-214.
- [13] Olejarczyk M., Rosienkiewicz M. (2014), Implementacja narzędzia 5S w warunkach przemysłu wydobywczego. *Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją*.
- [14] Ramesh K., Muruganantham V.R., Arunkumar N.R. (2014), 5S implementation studies in biomass processing unit. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(4), 312-318.
- [15] Rojasra P.M., Qureshi M.N. (2013), Performance improvement through 5S in small scale industry: a case study. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(3), 1654-1660.
- [16] Singh J., Rastogi V., Sharma R. (2014), Implementation of 5S practices: A review. *Uncertain Supply Chain Management*, 2(3), 155-162.
- [17] Wolnowska A. (2010), Praktyka wdrażania koncepcji 5S. Retrieved, 11, 2019.

## 2.2. TPM (ang. *Total Productive Maintenance*) – kompleksowe utrzymanie ruchu (Magdalena Wisz)

Kompleksowe utrzymanie ruchu (ang. *Total Productive Maintenance* – TPM) to jedna z metod *Lean Manufacturing*. Historia TPM sięga początku XX w. Oficjalnie metoda ta powstała w Japonii, lecz pierwsze działania mające na celu usprawnienie pracy maszyn zastosowano w Stanach Zjednoczonych (Nakajima, 1989). *Total Productive Maintenance* pozwala na eliminację strat pośrednio lub bezpośrednio powiązanych z parkiem maszyn w danym przedsiębiorstwie. Zminimalizowanie występowania lub usunięcie tych strat, tak zwanych 6 wielkich strat, pozwala na osiągnięcie wysokiej efektywności maszyn i urządzeń przy kierowaniu się wymaganiami klientów oraz z nastawieniem na wypracowanie zysków (Willmott i McCarthy, 2001). Umożliwia to osiągnięcie lepszych rezultatów, w tym podniesienie jakości produkowanych półfabrykatów i wyrobów oraz bezpieczeństwa pracy.

W TPM wyróżnia się 6 wielkich strat (Willmott i McCarthy, 2001):

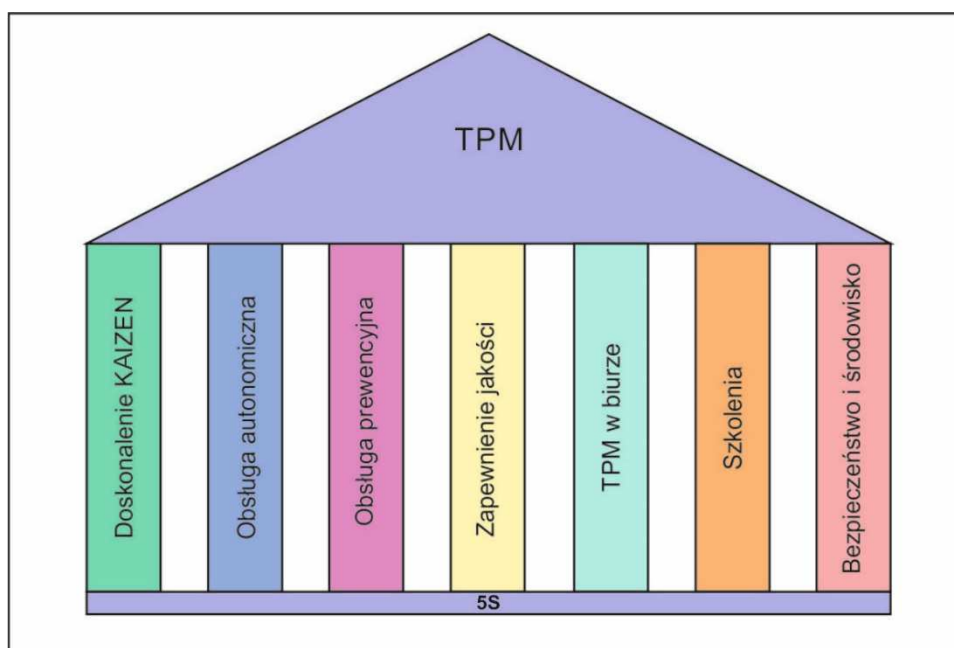
- awarie,
- straty wynikające z przygotowania urządzeń do pracy,
- nastawienia i przebrojenia,
- pracę maszyn na zwolnionych obrotach,
- mikroprzestoje i bezczynność maszyn,
- braki jakościowe, poprawki, odpad produkcyjny.

Kompleksowe utrzymanie ruchu, którym jest właśnie TPM, wprowadza także plan przeglądów i konserwacji, modernizacji oraz drobnych inwestycji. Działania te prowadzą do zapobiegania powstaniu nieprawidłowości w przyszłości lub ich wczesnego wykrycia.

W pracy (da Silva i de Souza, 2020) można znaleźć informację, że według Nakajimy, uważanego za twórcę tej koncepcji, dwoma podstawowymi celami wdrożenia TPM w przedsiębiorstwach są przede wszystkim: osiągnięcie zera defektów i zera awarii przy jednoczesnej maksymalizacji efektywności pracy maszyny.

Często system TPM przedstawia się w sposób obrazowy za pomocą 8 filarów ustawionych na fundamencie, które podtrzymują dach (rys. 2.6).

Jak twierdził Nakajima, co zostało opisane w artykule (Hassan, 2020), kompleksowe utrzymanie ruchu (TPM) jest połączeniem japońskiej koncepcji zarządzania jakością oraz amerykańskiej idei stosowania obsługi prewencyjnej połączonej z zaangażowaniem operatora w drobne naprawy, serwisowanie i konserwację danej maszyny. Wskazywał on na konieczność wdrożenia wszystkich ośmiu filarów w celu osiągnięcia oczekiwanych korzyści, jednocześnie podkreślając, że może to być jednym z większych wyzwań, które należy pokonać w drodze do osiągnięcia sprawnie działającego TPM.



Rys. 2.6. 8 filarów TPM

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Ernst, 2013).

Fundamentem TPM jest 5S. Jest to system leżący u podstaw TPM, można zatem wnioskować, że stanowi podwaliny systemu, zapewnia stabilność. 5S jest narzędziem *Lean Manufacturing* pozwalającym na wprowadzenie i utrzymanie organizacji, porządku i bezpieczeństwa stanowisk pracy. Składa się z 5 elementów: Selekcja, Systematyka, Sprzątanie, Standaryzacja, Samodyscyplina (Antosz i in., 2013).

Filar I stanowi doskonalenie Kaizen. Jest strategią działania zakładającą redukcję marnotrawstwa na stanowiskach pracy oraz eliminację problemów w miejscach i czasie, w których się pojawiły. Aby przystąpić do wykonania działań eliminujących straty i problemy, należy zebrać i przeanalizować dane na temat działania maszyn i urządzeń. Zgromadzone informacje pozwalają w odpowiedni sposób zaprojektować i wprowadzić konieczne działania doskonalące. Działania te można podzielić na dwie grupy. Pierwszą stanowią czynności nakierowane na jednorazową poprawę funkcjonowania parku maszyn. Często są to proste rozwiązania niewymagające dogłębnych, czasochłonnych analiz. Drugą grupę stanowią działania skupiające się na ciągłym doskonaleniu.

Filar II stanowi obsługa autonomiczna. Polega ona na wykorzystaniu kompetencji oraz wiedzy pracowników o danej maszynie w celu szybszego i skuteczniejszego wykrycia błędów i wad. Za obsługę autonomiczną maszyny jest odpowiedzialny jej operator. Pozwala to na wykorzystanie wiedzy oraz umiejętności wysokokwalifikowanych serwisantów oraz konserwatorów do rozwiązywania bardziej skomplikowanych awarii i problemów. Każde stanowisko pracy powinno zostać wyposażone w instrukcje oraz potrzebną dokumentację. Kontrola działania maszyny może zostać przeprowadzona z użyciem pewnych narzędzi. Takim narzędziem jest np. lista kontrolna, czyli lista czynności do wykonania przez operatora maszyny przed każdym rozpoczęciem/zakończeniem pracy lub co pewien okres (Singh i in., 2012).

Filar III stanowi obsługa prewencyjna. Opiera się ona na zaprojektowaniu i zastosowaniu systemu zorientowanego na przewidywanie i przeciwdziałanie awariom i innym sytuacjom niepożądanym. Po pierwsze zakłada normalne, niezakłócone działanie maszyn, po drugie – wczesne wykrywanie błędów podczas pracy maszyn, a po trzecie – jak najszybszą reakcję na pojawiające się błędy.

Filar IV to zapewnienie jakości. Powinno się skupiać na planowaniu, wprowadzaniu i kontrolowaniu procesów oraz działań, które szybko i skutecznie wykrywają błędy lub nieprawidłowości. Mają przy tym zapobiegać przejściu wadliwego wyrobu do kolejnego etapu produkcji lub wyprodukowaniu wadliwego wyrobu. Zapewnienie jakości w TPM to m.in. kontrola elementów oraz zadań wykonywanych na danej maszynie.

Filar V to TPM w biurze. Dotyczy działań, które doskonalą procesy biurowe. Teoria mówi o tym, że należy zwrócić uwagę nie tylko na marnotrawstwo dotyczące nieefektywności działania maszyn i urządzeń produkcyjnych. TPM w biurze zwraca uwagę na marnotrawstwo, które ma miejsce w działaniach administracyjnych – głównie w przepływie informacji. Jedną z czołowych korzyści stosowania TPM w biurach jest nie tylko eliminacja strat, ale też ulepszenie wzajemnej współpracy i komunikacji między pracownikami. Rzutuje to na lepszą wydajność pracy i przy tym na poprawę sprawności funkcjonowania całego przedsiębiorstwa.

Filar VI to bezpieczeństwo i środowisko. Zakłada zmniejszenie lub całkowitą eliminację zagrożeń dla bezpieczeństwa pracowników i środowiska naturalnego. Przekłada się to na zwiększenie poczucia bezpieczeństwa i większe zaangażowanie pracowników w wykonywaną pracę. Eliminacja wypadków pracowników

i negatywnego wpływu przedsiębiorstwa na środowisko naturalne zmniejsza koszty kar i odszkodowań czy naprawy uszkodzonych podczas wypadku maszyn.

Filar VII to szkolenia. Regularne szkolenia mają podnosić kompetencje pracowników, wdrażać ich w procesy konserwacji i naprawy drobnych usterek maszyn, przekazywanie informacji oraz doskonalenie technik pracy zawodowej.

Filar VIII to wczesne planowanie utrzymania ruchu. Podstawowym założeniem tego filaru jest świadome planowanie, projektowanie wyposażenia parku maszyn z uwzględnieniem wymagań dotyczących naprawy, użytkowania oraz serwisowania w przyszłości. Dlatego też należy przeanalizować i dostosować zakup maszyn do możliwości (finansowych, dostępnej powierzchni itp.) oraz potrzeb przedsiębiorstwa. Takie podejście pozwoli na eliminację strat finansowych i czasu na zmiany, przezbrajanie, zbyt skomplikowany proces serwisowania czy częste awarie itd.

Wdrożenie TPM odbywa się w następujących etapach (Dupłaga i Stadnicka, 2009):

1. Podjęcie decyzji kierownictwa o wdrożeniu oraz określenie obszaru wdrożenia TPM.
2. Przeprowadzanie szkoleń i rozpowszechnienie informacji wśród pracowników dotyczącej TPM.
3. Ustalenie celów wdrażania i struktury organizacyjnej.
4. Przeprowadzenie analizy obecnej sytuacji i jej ocena.
5. Planowanie działań wdrażania TPM i ich kolejności.
6. Określenie zadań i zespołów zaangażowanych we wdrażanie i utrzymanie TPM.
7. Modelowe wdrożenie TPM na wybranej linii produkcyjnej.
8. Ocena wdrożonych działań wyrażona za pomocą wskaźnika OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*).
9. Wprowadzenie TPM na obszar całego przedsiębiorstwa.

TPM różni się od tradycyjnego utrzymania ruchu w kilku aspektach, przede wszystkim w podejściu do maszyny. Tradycyjne podejście nakazuje skupienie się wyłącznie na naprawie awarii w momencie jej wystąpienia – tak zwane „gaszenie pożaru”. TPM natomiast promuje przewidywanie wystąpienia awarii, analizę źródła wystąpienia i plan zapobiegawczy. Zakłada także pracę zespołową nad eliminacją strat wynikających nie tylko z awarii, ale także z nieefektywnej pracy maszyn i innych czynników. Priorytetem kompleksowego utrzymania ruchu jest m.in. prewencja.

Korzyści wdrożenia TPM w przedsiębiorstwie można zmierzyć, używając pewnych mierników i wskaźników. Jednym z nich jest wskaźnik OEE oceniający całkowitą efektywność wyposażenia. Jest on jednym z głównych wskaźników pokazujących skuteczność wdrożenia i działania TPM w przedsiębiorstwie. Łączy dostępność maszyny z efektywnością działania i jakością procesów wytwarzania. Pokazuje, w jakim stopniu jest realizowany zaplanowany program wykorzystania maszyny, mierzy efektywność wykorzystania parku maszyn. Może być liczony dla

jednej maszyny, dla całej linii produkcyjnej lub nawet dla całego przedsiębiorstwa (Gotoh i Tajiri, 2009).

Skuteczność TPM może być mierzona także za pomocą innych mierników. Jest to m.in. MRT (ang. *Mean Reaction Time*) wykorzystywany do monitorowania ruchu. Określa średni czas podjęcia działania względem zgłoszenia. Następnymi wskaźnikami są MTBF (ang. *Mean Time Between Failures*) ukazujący średni czas między awariami lub MTTR (ang. *Mean Time To Repair*), który pokazuje, ile średnio czasu trwa naprawa uszkodzonej maszyny. Kolejnymi ze wskaźników są: MLD (ang. *Mean Logistic Delay*) określający średni czas oczekiwania na naprawę danej maszyny lub urządzenia oraz OA (ang. *Operational Availability*), czyli dostępność operacyjna określająca ilość czasu przeznaczanego na prace mające na celu zapobieganie i naprawianie usterek maszyn (Gotoh i Tajiri, 2009).

TPM zaprzecza powszechnym poglądom, jakoby kluczem do największej efektywności procesów produkcyjnych był nowoczesny park maszyn. Ta filozofia dowodzi, że można podnieść stabilność i jakość procesów, nie ponosząc dodatkowych, bardzo często dużych kosztów wynikających z zakupu najnowszych maszyn i urządzeń. Wprowadzenie i przestrzeganie zasad umieszczonych w ośmiu filarach pozwoli na zapewnienie pożądanej wydajności i jakości procesów wykonywanych na poszczególnych maszynach. Pozwolą one na maksymalne wykorzystanie czasu dostępności maszyny do produkcji wyrobów wysokiej jakości. Przyczynią się w bardzo dużym stopniu do poprawy funkcjonowania przedsiębiorstwa i maksymalizacji osiągniętych zysków przy minimalizacji strat czasu i zasobów.

## Bibliografia

- [1] Antosz K., Pacana A., Stadnicka D. (2013), Narzędzia Lean Manufacturing. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [2] da Silva R.F., de Souza G.F.M. (2020), Asset Management System (ISO 55001) and Total Productive Maintenance (TPM): a discussion of interfaces for maintenance management. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 15(2), 288-313.
- [3] Duplaga M., Stadnicka D. (2009), Wdrażanie TPM w praktyce dużego przedsiębiorstwa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [4] Ernst A. (2013), Total Productive Maintenance. Dostępne na: <https://www.jakosc.biz/total-productive-maintenance/> (dostęp: 22.01.2021).
- [5] Gotoh F., Tajiri M. (2009), *Autonomous Maintenance in Seven Steps: Implementing TPM on the Shop Floor*, Productivity Press.
- [6] Abdullatif B.H. (2020), Assessment of Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in Industrial Environment. *Electronic Theses and Dissertations*, 8347. Dostępne na: <https://scholar.uwindsor.ca/etd/8347> (dostęp: 10.02.2021).
- [7] Singh R., Gohil A.M., Shah D.B., Desai S. (2013), Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599.
- [8] Nakajima S., *TPM Development Program*, Productivity Press, Portland 1989.
- [9] Willmott P., McCarthy D. (2001), *TPM. A Route to World-Class Performance*. Butterworth-Heinemann, Oxford.

### 2.3. OEE – całkowita wydajność maszyn (Katarzyna Piwońska)

Wspomniany we wcześniejszym rozdziale wskaźnik OEE, znany także pod nazwami: całkowita efektywność sprzętu lub wskaźnik wykorzystania wyposażenia, jest to jeden z kluczowych wskaźników i narzędzi odchudzania produkcji, opisujących efektywność wykorzystania środków technicznych w przedsiębiorstwie. Wskaźnik OEE pozwala przedsiębiorstwu na bieżąco podejmować ważne i kluczowe decyzje dotyczące procesów wytwarzania. Wskaźnik ten określa się także jako całkowitą ogólną efektywność sprzętu. Jest on uznawany za najlepszy i najbardziej popularny wskaźnik pomiaru wydajności produkcji oraz wykorzystania maszyn i urządzeń. Wskaźnik OEE określa przede wszystkim procent czasu produkcji, który jest naprawdę produktywny. Wynik OEE wynoszący 100% oznacza, że przedsiębiorstwo produkuje tylko dobre części najszybciej jak to możliwe, bez strat czasu. Celem dla OEE jest 100% jakości (produkuje się tylko dobre części), 100% wydajności (produkuje się tak szybko, jak to możliwe) i 100% dostępności (produkuje się bez jakiegokolwiek zatrzymania). Mówiąc o wskaźniku OEE, należy uświadomić sobie różnicę pomiędzy wydajnością, skutecznością i produktywnością. Tradycyjna wizja TPM odnosiła się do ogólnej wydajności sprzętu, podczas gdy obecnie jest ona powszechnie uznawana za ogólną efektywność sprzętu. Różnica między wydajnością a efektywnością polega na tym, że efektywność to rzeczywista moc wyjściowa w stosunku do mocy odniesienia, a sprawność (wydajność) to rzeczywisty wkład w stosunku do wejścia odniesienia. Wydajność sprzętu jest wtedy oddzielana od produkcji i celów firmy, stąd pojęcie efektywności sprzętu odnosi się do zdolności wielokrotnego wytwarzania tego, co jest zamierzone, czyli do wytworzenia wartości dla przedsiębiorstwa (Schiraldi, 2013).

Pomiar wskaźnika OEE może być zatem najlepszą praktyką produkcyjną na miarę współczesnego przedsiębiorstwa. Mierząc OEE i straty bazowe, przedsiębiorstwo może uzyskać cenne informacje na temat systematycznej poprawy systemu produkcyjnego. OEE jest więc idealnym wskaźnikiem do tego, aby zmierzyć i zidentyfikować wielkości strat oraz wskaźnikiem analizy, postępu i poprawy wydajności urządzeń produkcyjnych.

Wskaźnik OEE jest wyrażany w procentach, a obliczany jako iloczyn trzech innych wskaźników:

- dostępności (ang. *Availability*),
- wykorzystania (ang. *Performance*),
- jakości (ang. *Quality*).

Główny aspekt liczenia wskaźnika OEE jest skierowany na ukazanie kierunków prowadzonych działań doskonalących procesy produkcyjne. Wskaźnik OEE pozwala także w łatwy sposób zidentyfikować wąskie gardła, jak również wskazać na kluczowe problemy występujące w przedsiębiorstwie. Współczynnik OEE jest również miernikiem wdrażanych udoskonaleń oraz pozwala w łatwy sposób obliczyć korzyści wynikające z doskonalenia i eliminacji poszczególnych problemów (Brzeziński, 2010).

Mówiąc o wskaźniku OEE, przede wszystkim definiuje się, w jakim stopniu przedsiębiorstwo wykorzystuje swoją moc produkcyjną. Jak wspomniano wcześniej, wskaźnik OEE jest iloczynem trzech składowych, tj. dostępności, wykorzystania oraz jakości. Pomiaru (wyznaczenia) OEE dokonuje się tylko w czasie, gdy maszyna pracuje, tj. w trakcie eksploatacji maszyny. W przypadku braku produkcji na danej maszynie wskaźnik OEE nie jest wyznaczany. Składowe wskaźnika OEE określa się w następujący sposób (Brzeziński, 2010):

1. Współczynnik dostępności (ang. *Availability*) jest pierwszym z trzech wskaźników. Jest to stosunek rzeczywistego czasu pracy do całkowitego czasu, w którym była zaplanowana praca maszyny lub grupy maszyn. Inaczej mówiąc, jest to całkowity czas produkcyjny pomniejszony o wszelkie niezaplanowane przerwy, odniesiony do całkowitego czasu produkcyjnego. Dostępność wskazuje, w jakim stopniu dostępny czas, który można przeznaczyć na produkcję, jest skracany przez inne nieplanowane zdarzenia określane jako straty na dostępności. Standardy, do których dąży się w zakładach produkcyjnych, określają dostępność na poziomie 90% lub wyższym. Sposób obliczania dostępności prezentuje wzór:

$$\text{Dostępność} = \frac{\text{Czas eksploatacji} - \text{Nieplanowane przestoje}}{\text{Czas eksploatacji}} \quad (2.1)$$

2. Współczynnik wydajności (ang. *efficiency, performance*) to współczynnik, który pozwala ocenić „szybkość procesu”. Weryfikuje, czy produkcja przebiega zgodnie z założonymi czasami cykli. Uwzględnia się tutaj nominalny czas cyklu, czyli taki, jaki został przyjęty do planowania produkcji. W kalkulacji należy się także posłużyć liczbą wyprodukowanych sztuk. Wartość ta odnosi się do wszystkich wyrobów, które powstały w procesie produkcyjnym (zarówno prawidłowych, jak i niezgodnych). Mówiąc o produkcji docelowej, należy zaznaczyć, że jest to liczba wyrobów, które przy założonej maksymalnej prędkości pracy maszyny mogłyby zostać wykonane w danym czasie. Można to przedstawić za pomocą wzoru:

$$\text{Wydajność} = \frac{\text{Produkcja rzeczywista}}{\text{Produkcja docelowa}} \quad (2.2)$$

3. Współczynnik jakości (ang. *quality*) odzwierciedla zdolność wyposażenia produkcyjnego do dostarczania produktów zgodnych z wymaganiami klienta. Do całkowitej liczby wszystkich wyprodukowanych wyrobów zalicza się wyroby niezgodne, łącznie z odpadem technologicznym. Współczynnik jakości mówi wprost, jaki procent wyprodukowanych wyrobów można sprzedać klientowi jako pełnowartościowe produkty, spełniające jego oczekiwania. Wskaźnik OEE odnosi się do określonego przedziału czasowego. Może to być jedna zmiana produkcyjna, jeden dzień lub tydzień produkcyjny, ale także każdy inny czas o określonym zakresie. Mówiąc o jakości, uwzględnia się utratę jakości, czyli te produkowane wyroby, które nie spełniają standardów jakości. Jakość obejmuje swoim zakresem



także odzyskiwanie produkcji i zmniejszoną wydajność podczas uruchamiania maszyny.

Wzór na współczynnik jakości można zapisać następująco:

$$Jakość = \frac{\text{Produkcja wykonana} - \text{Braki}}{\text{Produkcja wykonana}} \quad (2.3)$$

Na wszystkie wymienione współczynniki OEE wpływają różnorakie sytuacje i zjawiska, jakie dotyczą produkcji oraz wyposażenia produkcyjnego. Aby móc dogłębnie poznać przyczynę i sprecyzować, co w głównej mierze przyczynia się do powstawania strat, do każdego współczynnika przypisane zostały konkretne straty. Zgodnie z zasadą sześciu głównych strat można je podzielić następująco (Piszczek i Kukiz, 2020):

1. Straty wpływające na dostępność
  - **nieplanowane postoje produkcyjne związane z awariami maszyn, urządzeń i narzędzi oraz przebrojenia.** Są to wszystkie zatrzymania procesu produkcyjnego związane z zaistniałą awarią wyposażenia produkcyjnego. Dotyczy to zarówno awarii maszyn, jak i przykładowo uszkodzenia narzędzia (mimo że maszyna produkcyjna jest sprawna). W straty dostępności wlicza się także czas oczekiwania na materiał wykorzystany do produkcji wyrobów, na informację czy na decyzję wyższego kierownictwa, a także czas, w jakim dany proces był zajęty powtórным przetwarzaniem (naprawą wyrobu niezgodnego lub jego złomowaniem) wcześniej wytworzonych produktów,
  - **regulacje.** Są to sytuacje, które wymagają od operatora maszyny jej regulacji lub poprawy w trakcie trwania produkcji (może to wynikać ze złego stanu technicznego maszyny produkcyjnej lub z niewywiązania się z zalecanych czynności regulacyjnych w zaplanowanym na to czasie – początkowego rozruchu lub przebrojenia).
2. Straty wydajności
  - **zmniejszona szybkość pracy maszyny lub urządzenia.** Sytuacje takie zdarzają się, gdy z powodu np. użycia do produkcji niepełnowartościowego materiału lub narzędzi pewne kroki procesu odbywają się ze zmniejszoną szybkością (wolniejszy cykl pracy). Zmniejszona szybkość procesu może być także spowodowana mniejszą liczbą operatorów niż przewidziana oraz wykonywaniem przez pracowników innych czynności niż zaplanowane dla danego procesu produkcyjnego,
  - **praca jałowa, praca półautomatyczna** (nieplanowane, krótkie zatrzymania procesu produkcyjnego), to wszystkie drobne zatrzymania procesu, tak krótkie, że nie podlegają rejestracji przez operatora.
3. Straty z powodu jakości
  - **wyprodukowanie sztuk niezgodnych z wymaganiami klienta, powstałych w toku produkcji.** Są to wszystkie wyroby niezgodne, czyli niespełniające wymagań klienta, które powstały w trakcie rutynowo

biegnącej produkcji i nienadające się do sprzedaży lub dalszego procesowania. Wlicza się tutaj także sztuki naprawione bądź przerobione – wszystkie, które nie przeszły przez proces produkcyjny prawidłowo za pierwszym razem,

- **odpady technologiczne**, czyli produkcja sztuk niezgodnych, wyprodukowanych podczas rozruchu, regulacji czy z innych powodów technologicznych. Ich wyprodukowanie ma na celu ustabilizowanie parametrów samego procesu produkcyjnego. Są to sztuki bądź ich elementy, które przeszły przez część lub cały proces produkcyjny w fazie rozruchu technologicznego.

Wskaźnik OEE to całościowe spojrzenie na wydajność maszyny. Jest tylko punktem wyjścia do dalszej analizy. Wartość współczynników dostępności, wydajności i jakości wskazują elementy procesu, które najbardziej wpływają na ostateczną efektywność parku maszyn technologicznych. Aby jednak zaistniała możliwość zarządzania wydajnością przemysłową, wymagane są minimalne warunki pracy przedsiębiorstwa. Konieczne jest przede wszystkim, aby organizacja, która zamierza wdrożyć w swoich murach OEE, spełniała kilka podstawowych warunków. Przede wszystkim musi posiadać minimalny poziom automatyzacji i mieć przychylność najwyższego kierownictwa, które będzie rozumieć potrzebę wdrażania takiego wskaźnika w celu zwiększenia wydajności procesu produkcyjnego (Belohlavek, 2006). Jakich wartości powinno się oczekiwać od procesu produkcyjnego? Typowy poziom OEE, jaki jest spotykany w przemyśle, kształtuje się na poziomie 60%. Wartości spadające do 40% i niżej oznaczają bardzo niski poziom. Z kolei osiągnięcie wartości na poziomie 80% jest bardzo dobrym wynikiem. Uznaje się, że 85% to poziom „klasy światowej”, do którego należy dążyć (Piszczek i Kukiz, 2020).

Przystępując do analizy wskaźnika OEE, należy zebrać dobrej jakości dane. Aby móc przystąpić do rzetelnego zebrania danych, niezbędne jest zaangażowanie operatorów, którzy obsługują dany proces produkcyjny. Dlatego właśnie operatorzy pełnią główną rolę w procesie mierzenia współczynników, obliczania i wykorzystywania wskaźnika OEE. To właśnie oni znajdują się najbliżej procesu produkcyjnego, najlepiej znają maszyny i urządzenia, a co najważniejsze – są uczestnikami i świadkami zdarzeń, które mają miejsce w trakcie produkcji (Brzeziński, 2010).

Aby zaistniała możliwość zarządzania wydajnością przemysłową, wymagane są minimalne warunki pracy. Konieczne jest, aby organizacja, która chce wdrożyć w swoich murach OEE, spełniała wymagane warunki pracy, była przejrzystą w dziedzinie produkcji, miała minimalny poziom automatyzacji, jej kadra zarządca rozumiała słuszność wdrażania tego wskaźnika i była przyzwyczajona do szerszej współpracy ze specjalistami w tej dziedzinie. Konieczne jest także przeprowadzenie niezbędnych szkoleń dla pracowników, którzy będą dany proces budować.

Aby proces doskonalenia mógł zaistnieć, informacja w postaci wykresów dotyczących wskaźnika OEE powinna być dostępna dla wszystkich uczestników procesu produkcyjnego, czyli musi się znajdować w publicznym miejscu na obszarze produkcyjnym. Co więcej, dyskusja o wskaźniku, jak i jego składowych (dostępności, wydajności i jakości) także powinna się odbywać jawnie, w trakcie spotkań produkcyjnych. Zidentyfikowane przyczyny oraz podejmowane działania doskonalące powinny być ogólnodostępne dla całej załogi (Stawiarska i in., 2020).

## Bibliografia

- [1] Belohlavek P. (2006), OEE: overall equipment effectiveness. Blue Eagle Group.
- [2] Brzeziński A. (2010), OEE. Sposób na zwiększenie efektywności produkcji. Zarządzanie Produkcją w Praktyce. Wiedza i Praktyka, Warszawa.
- [3] Piszczek A., Kukiz J. (2020), OEE podejście praktyczne. Wydawnictwo e-bookowo.
- [4] Schiraldi M. (2013), Operations Management, InTech.
- [5] Stawiarska E., Szwajca D., Matuszek M., Wolniak R. (2021), Wdrażanie rozwiązań przemysłu 4.0 w wybranych funkcjonalnych obszarach zarządzania przedsiębiorstw branży motoryzacyjnej: próba diagnozy. CeDeWu, Warszawa.

## 2.4. Rozwój pracownika a wzrost efektywności maszyn

(Adam Szczęch)

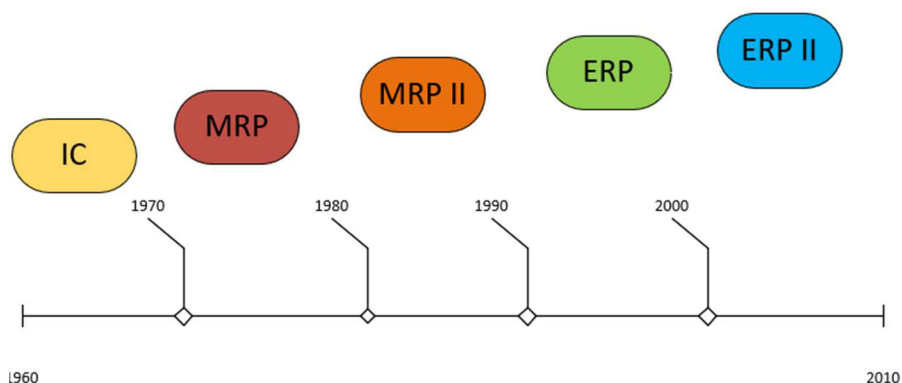
Wdrożenie w przedsiębiorstwie nowoczesnych rozwiązań utrzymania ruchu przesuwają obowiązek podstawowej konserwacji maszyny technologicznej z wykwalifikowanych służb utrzymania ruchu na operatora maszyny. Model ten może początkowo budzić pewne wątpliwości w związku z przekazaniem odpowiedzialności za dbałość o stan techniczny maszyny osobie, która często nie ma przygotowania technicznego do tego typu prac. Autonomiczne utrzymanie ruchu może być rozwiązaniem, które pozwoli zwiększyć efektywność eksploatacyjną maszyn. Aby wdrożyć to rozwiązanie, wymagane jest odpowiednie przeszkolenie pracownika, w celu zapewnienia mu podstawowej wiedzy z zakresu konserwacji oraz obsługi codziennej danej maszyny.

Na przestrzeni ostatnich kilku dziesięcioleci można było zaobserwować stale zwiększające się zasoby wiedzy oraz informacji. Są one źródłem wiedzy o występujących problemach. Wpływ na to ma nieustanny rozwój technologii, automatyzacja oraz rozbudowa systemów monitorowania i diagnozowania (rys. 2.7). Odpowiedzią na zwiększającą się ilość danych są systemy wspierające przedsiębiorstwa. Wsparcie przedsiębiorstw systemami informatycznymi (np. IC, MRP, ERP) pozwoliło na głębszą analizę danych, zredukowanie zapasów magazynowych, międzyoperacyjnych, określenie terminów, wyznaczenie kosztów produkcji.

Wraz z rozwojem systemów wspomagających produkcję rozwijały się także systemy wspierające pozostałe warstwy działalności przedsiębiorstwa. Pojawiły się takie systemy, jak CMMS (ang. *Computerised Maintenance Management Systems*). CMMS jest systemem komputerowego wsparcia zarządzania utrzymaniem ruchu. Systemy klasy CMMS to specjalistyczne oprogramowanie dedykowane



zakładom produkcyjnym, w których funkcjonują wydzielone, zorganizowane jednostki odpowiedzialne za utrzymanie stanu technicznego zakładu na określonym poziomie.



Rys. 2.7. Rozwój systemów zarządzania przedsiębiorstwem

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Lech, 2003).

Oprogramowanie dla służb utrzymania ruchu, aby było użyteczne, musi posiadać pewien zestaw niezbędnych funkcji, do których zalicza się (Jakimowicz i in., 2015):

- możliwość prowadzenia rejestru wyposażenia przedsiębiorstwa,
- planowanie przeglądów, remontów i konserwacji (wraz z automatycznymi przypomnieniami o nich),
- automatyczne rejestrowanie i powiadamianie o zdarzeniach (np. awariach, przestojach, wymianach),
- zarządzanie gospodarką magazynową części zamiennych,
- możliwość elektronicznego gromadzenia i przetwarzania dokumentacji,
- możliwość generowania różnego rodzaju raportów, analiz i zestawień,
- obsługę systemu przez urządzenia mobilne,
- wsparcie planowania kosztów i budżetów.

Systemy te pozwoliły dostrzec zależność efektywności i eksploatacji maszyn od jakości oraz terminowości przeprowadzenia remontów i konserwacji. Dokonanie analizy struktury działania utrzymania ruchu przyczyniło się do zaproponowania koncepcji powiązania systemu zarządzania utrzymaniem ruchu z zarządzaniem wiedzą pracownika.

Zmiana spojrzenia na odpowiedzialność za stan techniczny i przeniesienie jej na pracowników produkcji jest jedną z zasad TPM, będącej zbiorem rozwiązań i technik mających na celu zwiększenie efektywności infrastruktury technicznej. Zakres tej odpowiedzialności został szczegółowo zdefiniowany w ramach autonomicznego utrzymania ruchu, które zmierza w kierunku utrzymywania lub przywracania przez operatora pełnej sprawności maszyny. Działania te obejmują

codzienne przeglądy, smarowanie, wymianę części, proste naprawy, kontrolę precyzji itp.

Zamysłem tej koncepcji jest zmiana podejścia, według którego za wszelkie działania konserwacyjne i remontowe odpowiadają służby utrzymania ruchu. Zaangażowanie w to także pracowników produkcji pozwala zmniejszyć liczbę pojawiających się awarii oraz niezgodności wyrobów gotowych.

Elementami kluczowymi z punktu widzenia celów i zakresu funkcjonowania utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie są przestoje krótkookresowe oraz długookresowe przestoje linii produkcyjnych. Przyczyną przestoju mogą być (Midor i in., 2012):

- czynniki techniczne (np. awarie urządzeń),
- czynniki nietechniczne (np. błędy operatora).

Dążenie do eliminacji lub redukcji czasów przestoju wymaga prawidłowej identyfikacji przyczyn ich powstawania. W związku z tym istota działań usprawniających dla obu wspomnianych czynników jest kompletnie różna. Niezmienna pozostaje identyfikacja charakteru źródła przestoju.

Aby świadomie zarządzać kadrą pracowniczą z uwzględnieniem wpływu poziomu kwalifikacji na efektywność pracy, należy dążyć do utworzenia bazy danych wiedzy o pracownikach. Dodatkowo powiązanie tych danych z obecnymi funkcjonującymi systemami w przedsiębiorstwie pozwala utworzyć ścieżkę rozwoju pracownika. Takie narzędzie umożliwi kadrze kierowniczej zarządzanie zasobami ludzkimi.

Przedsiębiorstwa, które chcą być konkurencyjne na rynku, powinny być świadome, że wpływ na sukces ma nie tylko jakość czy automatyzacja infrastruktury zakładowej. Istotny jest także czynnik ludzki i to już od początkowego etapu produkcyjnego. W przedsiębiorstwach z autonomicznym utrzymaniem ruchu rola operatora staje się kluczowym elementem ze względu na przeniesienie na niego części obowiązków nadzoru nad stanem technicznym urządzeń. Wymaga to posiadania kadry pracowniczej kompetentnej nie tylko w obsłudze urządzenia, ale także w podstawach dbania o jego stan techniczny. Wymaga to ciągłego szkolenia pracowników oraz nadzoru nad efektami takich szkoleń. Pracownik musi mieć świadomość tego, jaką rolę pełni w całym etapie produkcji.

Rozwój technologiczny, a także dedykowane systemy komputerowe pozwalają na łatwe zarządzanie informacjami, ich analizę oraz wyciąganie wniosków. Umożliwia to także zarządzanie pracownikami w sposób jednostkowy, a nie jako całą zmianą lub brygadą.

Analiza stopnia znajomości obsługi urządzeń przez poszczególnych pracowników ułatwia także planowanie dodatkowych szkoleń, produkcji czy organizację zastępstw w razie nieobecności któregoś z pracowników.

W przedsiębiorstwach, które włączyły operatorów w struktury autonomicznego utrzymania ruchu, zauważono zależność między wiedzą operatora a efektywnością oraz niezawodnością parku maszynowego (Midor i in., 2012).

## Bibliografia

- [1] Jakimowicz M., Saniuk A., Saniuk S. (2015), Systemy informatyczne wspomagające produkcję i logistykę w przedsiębiorstwie. *Logistyka*, 2, 258-267.
- [2] Lech P. (2003), Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie. Difin, Warszawa.
- [3] Midor K., Zasadzień M., Szczęśniak B. (2012), Przegląd technologii wykorzystywanych do realizacji usług typu e-maintenance. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie*, 63a, 301-311.

## 2.5. Standardy CIL – czyszczenie, inspekcja, smarowanie

(Piotr Oleńczuk)

System techniczny każdego przedsiębiorstwa jest ważnym elementem procesu wytwórczego. Jego zadaniem jest utrzymanie zdolności produkcyjnych na możliwie wysokim poziomie. Służby utrzymania ruchu, prowadząc działania związane z planowaniem i realizacją zadań eksploatacyjnych, dążą do eliminacji problemów związanych z awaryjnością i występowaniem uszkodzeń. Coraz częściej do prac związanych z obsługą maszyn włączani są także operatorzy w ramach autonomicznego utrzymania ruchu w systemie TPM. Angażując operatorów w proste czynności obsługowe (np. codzienne przeglądy, wymianę części, naprawy), można poprawić skuteczność utrzymania maszyn i urządzeń. Operatorzy wiedzą najwięcej, jeśli nie wszystko, o obsługiwanych przez nich maszynach.

**Standardy CIL** (ang. *Cleaning, Inspection, Lubrication*), czyli czyszczenie, inspekcje i smarowanie pomagają w utrzymaniu maszyn, przedłużają czas ich eksploatacji oraz zapobiegają awariom. Czynności CIL powinny być poprzedzone wprowadzeniem standardów 5S w danym obszarze. Niemożliwe jest wprowadzanie nowych standardów, zasad, gdy na danym obszarze panuje totalny bałagan. Niewykonalne jest przeprowadzenie inspekcji na brudnej, zaniedbanej maszynie (Furman, 2016).

Składowe CIL są wdrażane w przedstawiony dalej sposób (Day i in., 2004):

### 1. Czyszczenie

Aby operator maszyny był w stanie szybko zidentyfikować przecieki, pęknięcia czy korozję, maszyna musi być czysta. Podczas czyszczenia należy poszukiwać przyczyn zanieczyszczeń, identyfikować miejsca trudno dostępne, które utrudniają czyszczenie maszyny (Parda, 2016). W celu utrzymania czystości maszyny należy opracować standardy, checklisty oraz harmonogram czyszczenia. Należy opracować instrukcje, OPL (ang. *One Point Lesson* – lekcje jednotematyczne), dzięki którym operator nie będzie miał wątpliwości co, kiedy i jak ma wyczyścić. Należy również pamiętać o ewidencji czasu, jaki jest poświęcany na czyszczenie. Standard powinien zawierać takie dane, jak: zdjęcie maszyny lub jej schemat, jasno zidentyfikowane miejsce czyszczenia, dokładne sprecyzowanie, czym należy czyścić (należy zorganizować kącik czystości, aby operator maszyny miał potrzebne narzędzia i środki czystości dostępne na stanowisku pracy lub w pobliżu), zdjęcie obrazujące stan pożądany, określony czas na wykonanie danej czynności, odwo-

łanie do instrukcji opisującej sposób wykonania danej czynności oraz częstotliwość wykonywania czyszczenia.

Do standardu czyszczenia należy opracować checklistę, którą wypełnia operator odpowiedzialny za czyszczenie. W checkliście potwierdza wykonanie czyszczenia, zapisuje realny czas, jaki poświęcił na czyszczenie oraz ewentualne uwagi. W uwagach operator może krótko opisać, np. dlaczego czyszczenie zajęło mu więcej czasu niż jest to określone w standardzie, powinien opisać źródło zanieczyszczenia w przypadku jego identyfikacji.

## 2. Inspekcja

Standard inspekcji musi być opracowany wspólnie przez operatorów oraz ekspertów z działu utrzymania ruchu. Standard oraz dołączone do niego instrukcje muszą być zaakceptowane przez specjalistę, kierownika działu utrzymania ruchu. Przeprowadzając inspekcje, operatorzy używają głównie swoich zmysłów (słuch, dotyk, wzrok, węch), ewentualnie prostych narzędzi w postaci klucza, np. w celu sprawdzenia luzów nakrętek bądź termometru, aby zmierzyć temperaturę silnika pompy. Podobnie jak standard czyszczenia również standard inspekcji musi zawierać: zdjęcie lub rysunek maszyny, jasno zidentyfikowane miejsce inspekcji, ściśle określony sposób wykonania inspekcji oraz pożądany stan, określony czas na wykonanie danej czynności, odwołanie do instrukcji opisującej sposób wykonania inspekcji oraz jej częstotliwość. Standard inspekcji musi zawierać sprecyzowane działania, jakie należy podjąć w przypadku zauważenia niezgodności. Nawet w przypadku prostej czynności (np. dokręcenie nakrętek) takie działanie musi być zapisane w checkliście. Za podjęcie działania można również uznać zgłoszenie zmiany produkcyjnej do kierownika lub do mistrza działu utrzymania ruchu. Do standardu należy opracować checklistę, w której operator potwierdza wykonanie inspekcji, zapisuje czas wykonania czynności, uwagi oraz opisuje podjęte działania.

Korzyści płynące z wykonywania regularnych inspekcji to (Legutko, 2009):

- mniejsza awaryjność maszyn,
- wzrost efektywności maszyn,
- dłuższy okres pracy maszyn,
- wzrost poczucia odpowiedzialności oraz własności wśród pracowników wykonujących inspekcje,
- krótszy czas realizacji działań służb utrzymania ruchu,
- krótszy czas utrzymania ruchu,
- wykorzystanie potencjalnych umiejętności operatorów.

## 3. Smarowanie

Smarowanie jest to wprowadzenie substancji smarującej między powierzchnie trące oraz związane z tym przekształcenie tarcia suchego w płynne lub mieszane. Racjonalne smarowanie zmniejsza intensywność tarcia, a w rezultacie wydłuża trwałość oraz sprawność mechaniczną maszyn. Środki smarne stosowane w eksploatacji maszyn można podzielić ze względu na (Legutko, 2010):



- przeznaczenie (oleje silnikowe, oleje przekładniowe, oleje wrzecionowe, smary plastyczne do łożysk ślizgowych i tocznych, środki smarne specjalne),
- konsystencję (płynne, smary plastyczne, stałe),
- pochodzenie (mineralne, organiczne, syntetyczne).

Standard smarowania opracowują operatorzy wspólnie z mechanikami, ekspertami z działu utrzymania ruchu. Do opracowanego standardu smarowania należy dołączyć kodowanie kolorami rodzajów smarów i olejów. Każdy rodzaj smaru jest opisany w standardzie osobnym kolorem, tym samym kolorem są oznakowane kanistry, tubki. Na maszynie również wlot, przez który jest wlewany olej, jest oznaczony tym samym kolorem. Ponadto widoczna jest informacja o częstotliwości smarowania oraz dokładnej ilości. W ten sposób nawet osoba nieposiadająca wiedzy technicznej jest w stanie w odpowiednim czasie prawidłowo uzupełnić olej lub wykonać smarowanie. Potwierdzenie wykonania smarowania, czas, wszelkie podjęte działania lub uwagi operatorów muszą być zapisywane w checkliście smarowania. Standard smarowania musi być uzupełniony o instrukcje, które w jasny sposób opisują, co i jak należy wykonać oraz jakie działania trzeba podjąć w przypadku stwierdzenia niezgodności.

Podczas wspólnego opracowania standardów CIL następuje transfer wiedzy od specjalistów utrzymania ruchu do operatorów. Także operatorzy dzielą się z ekspertami utrzymania ruchu cennymi informacjami o maszynie.

Opracowanie, wdrożenie i wykonywanie standardów CIL to nie koniec. Z reguły na początku częstotliwość oraz czas wykonywania poszczególnych czynności będą większe niż jest to potrzebne. Z czasem należy zredukować czas i częstotliwość czynności CIL. Przykładowo, jeżeli w danym miejscu pompa wirowa nie ma drgań, temperatura silnika jest stała, a jej inspekcja jest wykonywana codziennie, to można częstotliwość inspekcji zredukować do dwóch razy w tygodniu. Do redukcji czasów potrzebnych do wykonania CIL użyteczny jest diagram spaghetti, dzięki któremu można zaplanować logiczną kolejność wykonywania poszczególnych czynności, przez co można wyeliminować zbędne ruchy i przemieszczanie się operatorów.

Kolejnym krokiem redukcji czasów jest identyfikacja i usuwanie miejsc trudno dostępnych, które utrudniają szybkie wykonanie czynności CIL. Kolejny krok do redukcji czasów CIL polega na wprowadzaniu udoskonaleń (Kaizen), które ułatwią, usprawnią wykonywanie czynności przez operatorów związanych z wykonywaniem czynności CIL, np. wprowadzenie centralnego, automatycznego układu smarowania. Posiadając centralny automatyczny system smarowania, operator kontroluje poziom smaru, czyli wykonuje jedną czynność zamiast smarowania np. 10 łożysk w danym obszarze.

Autonomiczne utrzymanie maszyn (ang. *Autonomous Maintenance*) jest krytycznym elementem TPM, który buduje wartość firmy, opierając się na zaangażowaniu wszystkich jej pracowników w rozwiązywanie problemów. Dzięki zaangażowaniu operatorów w działania związane z utrzymaniem parku maszynowego osiąga się jego większą niezawodność (Słowiński, 2011). Rezultaty *Autonomous*



*Maintenance* to także: redukcja kosztów napraw, właściwe warunki operacji sprzętu, efektywniejsze wykorzystanie maszyn, rzadsza wymiana części, szybsza reakcja na problemy, a także poprawa atmosfery – „zakopanie topora wojennego” pomiędzy produkcją a utrzymaniem ruchu i umożliwienie tym drugiemu zajęcia się bardziej wyspecjalizowanymi zadaniami związanymi na przykład z predykcyjnym utrzymaniem ruchu (ang. *Predictive Maintenance*), czyli użyciem techniki do wykrywania problemów. Oprócz wymiernych zysków, korzyścią dla firmy będzie również wzrost zaangażowania pracowników, nabywanie przez nich nowych umiejętności i wyzwalanie potencjału twórczego (Kłós i Patalas-Maliszewska, 2014).

Działania *Lean Manufacturing* są wdrażane w przedsiębiorstwach produkcyjnych w celu zmniejszenia ilości odpadów produkcyjnych, wzrostu wydajności procesów produkcyjnych, zmniejszenia czasu przebrojeń, wzrostu ogólnej efektywności sprzętu (Ścieszka i Żołnierz, 2012). Standardy CIL są ściśle powiązane ze wskaźnikiem OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*). Filozofia *Lean Manufacturing* jest wdrażana nie tylko w Europie, Azji czy USA, ale również w krajach mniej rozwiniętych, np. w Peru, gdzie PKB w 2016 r. wyniósł 286,9 mld USD (PKB Polski w 2018 r. wyniósł 585,7 mld USD) Wdrożenie podstawowych standardów oraz efektywnego zarządzania konserwacją maszyn w peruwiańskich fabrykach z sektora tekstyliów oraz branży oponiarskiej spowodowało: skrócenie przestoju o średnio 26%, wzrost dostępności maszyn o 78,9%, poprawę sprawności operacyjnej o 67,1%, wzrost wskaźnika OEE średnio o 51,5%. Implementacja standardów *Autonomous Maintenance* podniosła o 80% wskaźnik wiedzy operatorów zaangażowanych we wprowadzanie kroków *Autonomous Maintenance*. Wdrażanie nowych standardów krok po kroku pomaga w osiągnięciu założonych celów. Zaangażowanie pracowników firmy, od najwyższego kierownictwa po operatorów, jest ogromnie ważne, ponieważ to oni opracowują standardy, zgłaszają Kaizeny, dokonują analiz, zgłaszają propozycje zmian i mają zdecydowany wpływ na sposób wykorzystywania wdrażanych technik (Aucasime-Gonzales i in., 2020).

## Bibliografia

- [1] Aucasime-Gonzales P., Tremolada-Cruz S., Chavez-Soriano P., Dominguez F., Raymundo C. (2020), Waste Elimination Model Based on Lean Manufacturing and Lean Maintenance to Increase Efficiency in the Manufacturing Industry. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (vol. 999, no. 1, p. 012013). IOP Publishing. Dostępne na: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/999/1/012013> (dostęp: 05.02.2021).
- [2] Day J., Troy D., Heller D. (2004), The Implementation of Autonomous Maintenance (Part 1 in a series of the Total Productive Manufacturing Experience). ANADIGICS Inc, 141. Dostępne na: <https://csmantech.org/Digests/2004/2004Papers/5.3.pdf> (dostęp: 02.02.2021).
- [3] Furman J. (2016), Poprawa skuteczności utrzymania maszyn w przedsiębiorstwie produkcyjnym – studium przypadku. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, 2. Dostępne na: [http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk\\_pdf\\_2016/T2/t2\\_0548.pdf](http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2016/T2/t2_0548.pdf) (dostęp: 05.02.2021).
- [4] Kłós S., Patalas-Maliszewska J. (2014), Badania kluczowych problemów w zarządzaniu utrzymaniem ruchu. [W:] Knosala R. (red.), Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, t. II, Oficyna Wydawnictwo PTZP, Opole, s. 678-687.



- [5] Legutko S. (2007), Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- [6] Legutko S. (2009), Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. Eksploatacja i Niezawodność, 2, 8-16.
- [7] Parda M. (2016), Autonomiczne utrzymanie ruchu w 7 krokach. Dostępne na: <https://www.utzymanieruchu.pl/autonomiczne-utrzymanie-ruchu-w-7-krokach/> (dostęp: 02.02.2021).
- [8] Słowiński B. (2011), Inżynieria eksploatacji maszyn. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin.
- [9] Ścieska S.F., Żołnierz M. (2012), Eksploatacja maszyn. Budowa systemu i zarządzanie systemem eksploatacji, Część 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

## 2.6. SMED – metoda skracania czasu przezbrajania maszyn i urządzeń (Mateusz Żurawicz)

Przezbieranie maszyny technologicznej polega na dostosowaniu jej do kolejnego etapu produkcji, do następnego zadania. Czas przezbrajania definiuje się jako czas, jaki minął od ukończenia wytwarzania ostatniego dobrego produktu poprzedniego zlecenia produkcyjnego do wyprodukowania pierwszego dobrego wyrobu z kolejnego zlecenia produkcyjnego, innego typu wyrobu (Silva i inni, 2020). Nie uwzględnia się przy tym planowych przerw w realizacji produkcji, czy też przerw wynikających z braku zleceń produkcyjnych, a jedynie czynności mające na celu przygotowanie linii produkcyjnej do realizacji kolejnego zlecenia produkcyjnego w taki sposób, aby była ona zdolna do wyprodukowania wyrobu zgodnego z wymaganiami. Zasadniczo proces ten obejmuje różne czynności: od pobrania dokumentacji technologicznej operacji po pobór narzędzi do demontażu części, na próbie i zwrocie narzędzi do magazynu kończąc. Cały czas, który to zabiera, określa się czasem przygotowawczo-zakończeniowym i oznacza się skrótem *tpz*.

Metody SMED odgrywają duże znaczenie w aspekcie optymalizacji wydajności sprzętu w perspektywie długoterminowej, ilości oraz szybkości wytwarzania produktu. Celem usprawnień, jakie zawiera metoda przezbrajania, jest poprawa wskaźnika OEE – całkowita efektywność wyposażenia (ang. *Overall Equipment Effectiveness*) (Chiabert, 2020).

Korzyści z zastosowania metody to m.in. generowanie produkcji bez zapasów. Zostaje zachowana ciągłość produkcji, ponieważ żaden proces nie jest wstrzymywany. Korzystnym elementem jest także odzyskanie przestrzeni, która wcześniej była przeznaczana na zapasy. Zwiększa się także efektywność produkcji, a maleje czas wytwarzania wyrobu. Przez uproszczenie przezbrojeń można osiągnąć także lepszą jakość produktów, ponieważ ograniczone zostaną możliwości popełnienia błędów przy wymianie osprzętu (Hyla, 2020).

W związku z tym, że czas przezbrajania maszyn generuje koszty, przedsiębiorstwa decydują się na produkcję dużych partii danego wyrobu, co może się przekładać na duże zapasy wytworzonych produktów, a także spadek ich jakości. Inne strategie stosowane w firmach to podnoszenie kwalifikacji pracowników, aby przezbrojenie zostało wykonane szybko i skutecznie, oraz ustalenie optymalnej

wielkości partii. Wyjściem z tej sytuacji może być skrócenie całkowitego czasu przezbrajania maszyn przez zastosowanie metody SMED.

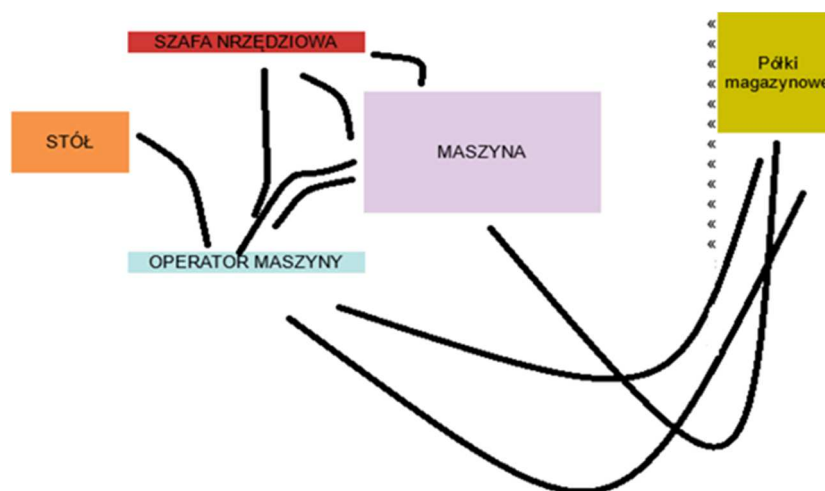
Twórcą metody SMED (ang. *Single Minute Exchange od Die*) jest japoński inżynier Shigeo Shingo, który zaobserwował, że czynności związane z przezbrajaniem maszyn można podzielić na trzy grupy (Antosz i inni, 2015):

- czynności wewnętrzne – czyli te, które są wykonywane podczas postoju maszyny,
- czynności zewnętrzne – czyli te, które można wykonać w czasie, gdy maszyna pracuje,
- czynności zbędne – czyli takie, których wykonywanie nie ma wpływu na jakość pracy maszyny, a tylko generują stratę czasu.

Można wyróżnić następujące etapy wdrażania metody SMED (Antosz i inni, 2013):

### **Etap 0**

Należy przeprowadzić analizę procesu przezbrajania maszyny i zmierzyć, jaki czas zajmuje. W tym celu można zarejestrować przebieg przezbrajania na kamerze albo z wykorzystaniem arkusza obserwacji (chronometraż). Ciekawym i świetnie ukazującym liczbę oraz zakres wykonywanych czynności jest diagram Spaghetti (wykres sznurkowy) (rys. 2.8). Dodatkowo można wykonać pomiar kroków pracownika krokomierzem podczas procesu przezbrajania.



Rys. 2.8. Diagram Spaghetti

Źródło: Opracowanie własne.

### **Etap 1.**

Należy wyłonić ze wszystkich czynności zarejestrowanych podczas etapu 0 te, które można zakwalifikować do grupy czynności zewnętrznych. Mogą się tutaj znaleźć: poszukiwanie i transport narzędzi potrzebnych w procesie przezbrajania, weryfikacja stanu tych narzędzi (np. czy nie są uszkodzone).



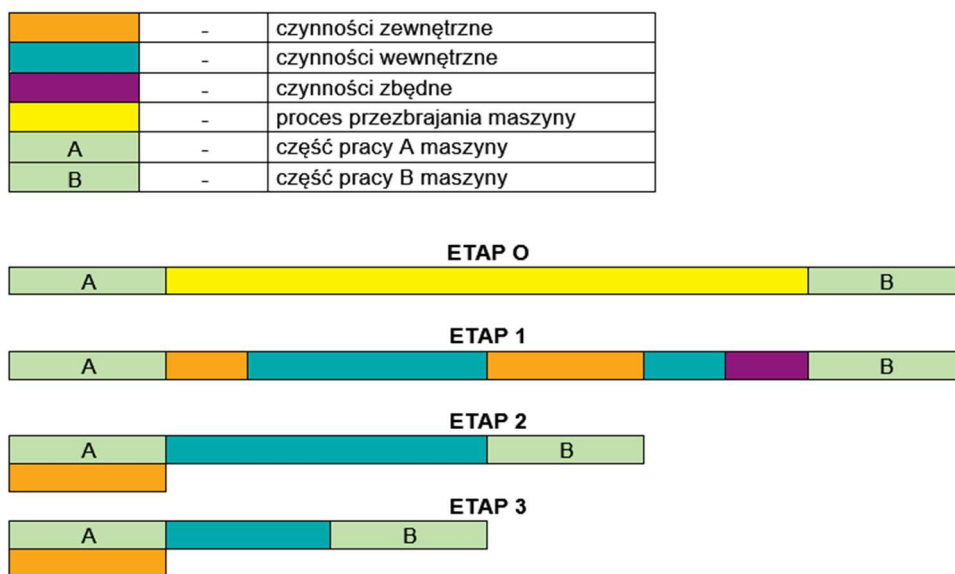
### Etap 2.

Należy przyrzeć się pozostałym czynnościom, czy wszystkie muszą być wykonywane podczas postoju maszyny. Jeśli nie, to należy taką czynność przerzucić do grupy czynności zewnętrznych. Należy także przeanalizować, czy któraś z czynności wewnętrznych mogłaby zostać przekształcona na tę zewnętrzną. Można to zrobić z zastosowaniem następujących technik: wczesne przygotowanie stanowiska pracy, standaryzacja funkcji oraz wykorzystanie przyrządów pośrednich.

### Etap 3.

Należy usprawnić czynności zewnętrzne oraz czynności wewnętrzne. Pierwsze z nich można uprościć, gdy zadba się o to, by potrzebne elementy znajdowały się w pobliżu maszyny oraz były poukładane, np. na palecie magazynowej (ułatwia to pobór odpowiednich elementów). Czynności wewnętrzne zostaną uproszczone, gdy wymieniana część maszyny jest kompletna i do jej montażu nie są potrzebne dodatkowe narzędzia – gdy wiadomo, skąd wziąć elementy potrzebne do przebrojenia maszyny, są one łatwe do zamocowania, a pracownik nie musi „kręcić się w kółko”. Dzięki ergonomicznemu rozmieszczeniu wszystkich elementów z czasu potrzebnego na przebrojenie maszyny eliminowane są czynności zbędne. Może to być rozmowa ze współpracownikiem albo przejście do magazynu po części, których nie można nigdzie znaleźć.

Ilustrację idei redukcji czynności w poszczególnych etapach pokazano na rys. 2.9. Proces przezbierania maszyny zmierzony w etapie 0 trwał około 3 razy dłużej niż po skróceniu tego czasu z zastosowaniem metody SMED.

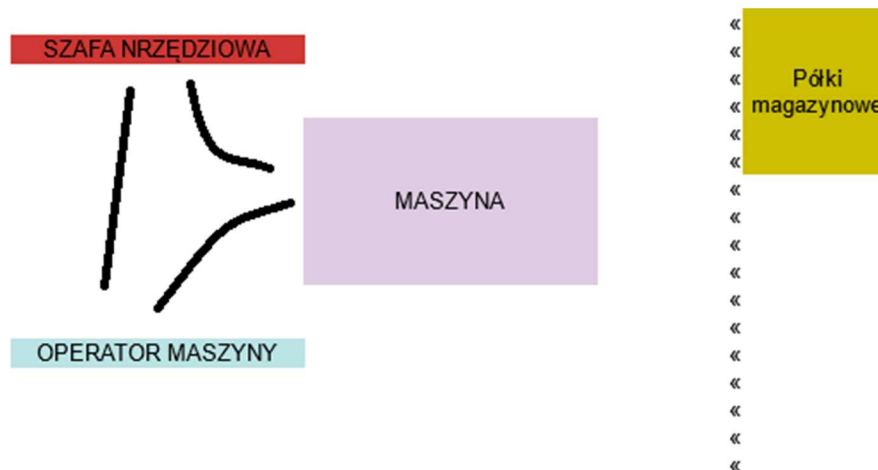


Rys. 2.9. Graficzne przedstawienie etapów SMED

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Antosz i in., 2015).

Na rysunku 2.9 można zaobserwować, że usunięcie z procesu przebrajania czynności niepotrzebnych, skrócenie czasu czynności wewnętrznych oraz przeniesienie czynności zewnętrznych na ten moment, gdy maszyna pracuje jeszcze w trybie A, wpłynęło na skrócenie czasu przebrajania prawie trzykrotnie.

Aby ocenić efekty doskonalenia przebrajania przy użyciu metody SMED, należy porównać czas przebrajania początkowy i końcowy (po zastosowaniu wszystkich usprawnień zaplanowanych za pomocą SMED). Warto ponownie przygotować diagram Spaghetti ukazujący proces przebrajania maszyny przez pracownika. Na rysunku 2.10 przedstawiono diagram Spaghetti po zastosowaniu metody SMED.



Rys. 2.10. Diagram Spaghetti po zastosowaniu metody SMED

Źródło: Opracowanie własne.

Porównując drogi pracownika wykonane przed zastosowaniem metody (rys. 2.8) z drogami, jakie wykonuje po wprowadzeniu zmian (rys. 2.10), można zauważyć, że pracownik wykonuje zdecydowanie mniej przejść. Wszystkie potrzebne części i narzędzia znajduje w szafie narzędziowej w pobliżu maszyny. Metoda SMED opiera się na zasadach szczupłej produkcji, dlatego warto stosować tę metodę, aby zmniejszyć czas przygotowawczo-zakończeniowy procesów.

## Bibliografia

- [1] Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W. (2013), Narzędzia Lean Manufacturing. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [2] Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W. (2015), Lean Manufacturing doskonalenie produkcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [3] Chiabert P. (2020), Analysis of Single Minute Exchange Die in manufacturing processes (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino). Dostępne na: <https://webthesis.biblio.polito.it/16397/1/tesi.pdf> (dostęp: 02.02.2021).



- [4] Hyla A. (2020), Ograniczanie kosztów w czasach pandemii – optymalizacja dzięki metodyce SMED. *Utrzymanie Ruchu*, 2, 24-29.
- [5] Silva A., Sá J.C., Santos G., Silva F.J.G., Ferreira L.P., Pereira M.T. (2020), Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355-1362.

## 2.7. Metoda 3P (Dominika Dyło)

Niezależnie, w jakiej branży przedsiębiorstwa działają, na obecnym rynku walczą o utrzymanie swojej pozycji bądź jej poprawienie. Robią to, ulepszając swoje produkty, wprowadzając nowoczesne systemy i rozbudowując swoje hale produkcyjne. Jakość w przedsiębiorstwie jest niezwykle istotna, zwłaszcza jeśli mowa o parku technologicznym. Od niego zależy, czy firma spełni wymagania klienta odnośnie do specyfiki i jakości produktu.

Zanim jednak firma rozpocznie produkcję, musi zatroszczyć się o jak najlepszą konstrukcję stanowisk oraz ich rozmieszczenie na hali produkcyjnej. Istnieje wiele wymagań, jakie należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu linii produkcyjnej, np. ustalenie liczby maszyn i pracowników, dróg transportowych, powierzchni, jaką zajmą komórki produkcyjne oraz powierzchnie, jakie będą przeznaczone na przechowywanie zapasów/materiałów (Antosz i in., 2013).

Aby uniknąć jakichkolwiek strat przy projektowaniu organizacji stanowisk roboczych, używa się metody 3P (ang. *Production, Preparation and Process*) (Antosz i in. 2013). Już we wczesnym etapie opracowywania produktu/procesu pozwala ona na tzw. „projektowanie odchudzone”, wykorzystując wiele elementów z zestawu narzędzi *Lean*. Rozwój tej metody zawdzięcza się byłemu managerowi grupy Toyota – Chichiro Nakaowi (Coletta, 2012). Metoda ta jest używana w przypadku (Coletta, 2012):

- projektowania nowego produktu/procesu,
- podwyższenia wydajności zakładu w celu sprostania wymaganiom narzucenym przez klientów,
- przenoszenia linii produkcyjnych bądź transferów pomiędzy zakładami,
- wprowadzania ulepszeń jakościowych w procesie,
- zakupu wyposażenia – w tym przypadku firma może zaoszczędzić, używając tej metody i unikając zbędnych kosztów podczas budżetowania.

Metoda 3P, czyli „Produkcja, Przygotowanie, Proces” jest wykorzystywana przez grupę osób pracujących w danej firmie. Są to najczęściej specjaliści w określonych dziedzinach. Jest to ważne, ponieważ daje możliwość spojrzenia na dany problem z różnych perspektyw, zarówno od strony produkcyjnej, procesowej, jak i marketingowej. Metodę realizuje się w ciągu kilku dni. Przykładowy przebieg ilustruje rys. 2.11.

Początkowe etapy to stworzenie grupy oraz zdefiniowanie celu, najlepiej przy użyciu metody SMART (ang. *Specific, Measurable, Acceptable, Reliable, Time-banded*). Następnie każdy uczestnik spotkania ma za zadanie opracować swoją propozycję rozmieszczenia stanowisk na hali produkcyjnej. Należy pamiętać, aby spełniając wymagania klienta, nie generować niepotrzebnych kosztów. Warto

skorzystać z podstawowych technik, jak np. wprowadzanie przepływu jednej sztuki w procesie, eliminacja strat, zachowanie czasu taktu. Ważnym parametrem jest również bezpieczeństwo pracowników na linii (Wysocki, 2020). Dzięki interdyscyplinarnemu zespołowi całe przedsięwzięcie ma wysokie szanse powodzenia.



Rys. 2.11. Uproszczony schemat metody 3P

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Antosz i in. 2013).

W kolejnym kroku trzy najlepsze prototypy wśród zaproponowanych są dokładnie omawiane i wykonywane jako (najczęściej tekturowe) modele 3D (Antosz i in., 2012). Taka wizualizacja to istota metody 3P. Stworzenie prototypu linii będzie o wiele tańsze niż ostateczne budowanie stanowisk. Na tym etapie można sobie jeszcze pozwolić na popełnianie błędów. Im bardziej dokładna makieta, tym lepiej. Nie zawsze jednak da się odwzorować skalę projektu, ale każdy model jest cenną informacją. Umożliwia zespołowi zbadanie wielu opcji procesu na każdym jego etapie (Coletta, 2012). Wizualizuje pracę operatora i jego przejścia, co pozwala na optymalne rozmieszczenie maszyn i narzędzi. Często, używając metody 3P, można wyeliminować niepotrzebne koszty, jakie mogą być związane z budowaniem linii produkcyjnej, procesem na niej zachodzącym, bądź też generowanymi odpadami. Najlepszy model wśród zbudowanych jest wybierany przez zespół jako ostateczny.

Cały proces prototypowania musi być udokumentowany w sposób jak najbardziej szczegółowy i dokładny. Warto, by znalazły się w nim wszystkie wskaźniki analizowanego procesu, przeprowadzone dotąd analizy oraz kryteria, jakie zostały

dobrane w metodzie 3P. Dla firmy taka dokumentacja może być przydatna w przyszłości (Wysocki, 2020). Dodatkowo podsumowanie metody 3P jest korzystne również dla pracowników. Zdobywają oni cenną wiedzę, aby jak najlepiej sprostać wymaganiom i wyprowadzić produkt na rynek. Dowiadują się, jak działa metoda 3P i są w stanie wykorzystać ją w przyszłości lepiej i dokładniej (Coletta, 2012). Wybrany projekt zostaje rozmieszczony na hali produkcyjnej.

Metoda 3P jest jednym z wielu sposobów projektowania rozmieszczenia stanowisk produkcyjnych. Istnieją również inne, często tańsze i szybsze w użytkowaniu. Przykładem alternatywy mogą być symulacje komputerowe. Nie zawsze jednak program uwzględni czynnik ludzki – nieścisłości w symulacji mogą mieć tragiczne skutki dla pracownika, który fizycznie znajduje się przy stanowisku i może być narażony na czynniki szkodliwe bądź zagrożenia związane z nieprzestrzeganiem BHP (Wysocki, 2020). Dodatkowo symulacje komputerowe wymagają poświęcenia większej ilości czasu i wysiłku, i zwykle są wykonywane przez jedną osobę. Istnieje więc ryzyko straty czasu na projekt, który nie odda w stu procentach stanu rzeczywistego (Coletta, 2012). Należy rozumieć, że inne metody mają swoje ograniczenia. 3P stara się generować najlepsze wyniki, korzystając z wiedzy i doświadczenia pracowników.

Jak można zauważyć, metoda 3P jest niezwykle atrakcyjna i korzystna. Najczęściej stosuje się ją w firmach w Niemczech, Ameryce oraz Japonii (Wysocki, 2020). Dzieje się tak, ponieważ zwykle to narzędzie jest używane przez przedsiębiorstwa mające już doświadczenie we wdrażaniu metod z zakresu Lean. 3P różni się od typowych metod skupiających się na ciągłym doskonaleniu (Kaizen). Skupia się bardziej na wprowadzeniu zmian radykalnych (Kaikaku), mających na celu zmaksymalizowanie korzyści i wyeliminowanie jakichkolwiek strat (Antosz i in., 2012). Podsumowując, utworzono tabelę, w której znajdują się zalety oraz wady omawianej metody (tab. 2.2).

Tabela 2.2. Zestawienie korzyści i strat wynikających z posługiwania się metodą 3P

Podsumowanie metody 3P	
zalety	wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminacja marnotrawstwa na etapie projektowania</li> <li>• Dopasowanie wielkości sprzętu, co może obniżyć wymagania materiałowe i energetyczne</li> <li>• Wyeliminowanie etapu procesu/zastąpienie go takim, który jest mniej czasochłonny i tańszy</li> <li>• Mniejsza złożoność projektu</li> <li>• Często generowanie mniejszej ilości odpadów niebezpiecznych, co wpływa na ochronę środowiska</li> <li>• Przy budowie modeli korzystanie z tworzywa, które poddaje się recyklingowi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niekompetentni pracownicy mogą zbagatelizować problem i wygenerować większe koszty dla zakładu już na etapie projektowania</li> <li>• Brak uwzględnienia aspektów środowiskowych może być przyczyną wygenerowania odpadów i niekorzystnie wpływać na środowisko</li> </ul>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-3p#implications> (dostęp: 06.01.2020).



Ciekawą alternatywą dla metody 3P może być rzeczywistość rozszerzona (ang. *augmented reality*) lub rzeczywistość wirtualna (ang. *virtual reality*). Pierwsza z nich jest połączeniem rzeczywistego środowiska z wirtualnymi obiektami trójwymiarowymi. Taka kombinacja jest generowana w czasie rzeczywistym. Pozwala m.in. na zaprojektowanie linii produkcyjnej z uwzględnieniem „wirtualnych” stanowisk. Daje to możliwość interakcji z hologramami, które wspomagają postrzeganie świata rzeczywistego. Informacje te są szczególnie istotne w planowaniu określonych zadań i procesów, gdyż wyświetlacze rzeczywistości rozszerzonej pozwalają użytkownikowi wyłapać błędy na wczesnym etapie projektowania (Barfield i Caudell, 2001). Rzeczywistość wirtualna jest natomiast pewnego rodzaju symulacją komputerową, do której użytkownik „przenika”. Monitorując uczestnika, program dostosowuje obraz do jego ruchów i działań, co daje złudzenie obecności w symulacji. Taka rzeczywistość wirtualna często oddziałuje nie tylko na zmysł wzroku, ale także na zmysł słuchu oraz dotyku (Craig i in., 2009). Symulacja ta jest na tyle rozbudowana, że pozwala na różnego rodzaju interakcje, np. modyfikowanie i przesuwanie przedmiotów oraz ich wykorzystywanie do określonych czynności (Craig i in., 2009). Projektowanie parku technologicznego tą metodą z pewnością stanowiłoby wyzwanie, lecz możliwość „wejścia” na halę produkcyjną z prototypem maszyn i ich użytkowanie w rzeczywistości wirtualnej stwarzałoby nieograniczone możliwości rozwoju.

## Bibliografia

- [1] Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W. (2013), Narzędzia Lean Manufacturing. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [2] Barfield W., Caudell T. (2001), Fundamentals of wearable computers and augmented reality. Lawrence Erlbaum Associates, London.
- [3] Coletta A.R. (2012), The lean 3P advantage: A practitioner's guide to the production preparation process. CRC Press.
- [4] Craig A.B., Sherman W.R., Will J.D. (2009), Developing virtual reality applications: Foundations of effective design. Morgan Kaufmann.
- [5] Wysocki R. (2020), 3P – Proces przygotowania produkcji. Dostępne na: <https://e-forum.pl/uploads/productCmsFiles/3be5bf81b0ddf53.pdf> (dostęp: 05.01.2021).
- [6] Lean Thinking and Methods – 3P. Dostępne na: <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-3p#implications> (dostęp: 06.01.2021).

## 2.8. Metoda Poka-Yoke i system SQC (ang. *Statistical Quality Control*) (Paweł Pociask)

Wiele organizacji w XXI w., chcąc być bardziej konkurencyjnymi na rynku, jest zmuszonych do szukania rozwiązań pozwalających na minimalizację strat związanych z wytwarzaniem wyrobu, a zarazem do oferowania wysokiej jakości, która spełni wymagania i zadowoli klienta. Z tego powodu w większości firm funkcjonują działy zajmujące się zarządzaniem i kontrolą jakości. Niestety, w większości przypadków za wady powstałe w wyrobach obarczani są sami pracownicy, co jest określane mianem ludzkiego błędu. W rzeczywistości pracownicy



nie są bezpośrednią przyczyną powstawania wadliwych wyrobów. Przyczyny błędów nie tkwią bowiem w ludziach, lecz w samej metodzie pracy, w której pomiędzy pomyłką a powstaniem wady istnieje duże prawdopodobieństwo wychylenia, a tym samym niedopuszczenia do powstania wadliwego wyrobu. Wśród wielu procesów i zadań realizowanych na rzecz poprawy jakości pracownicy często wykorzystują w swojej pracy sprawdzone metody jakości, które pozwalają na uniknięcie powstawania wadliwych wyrobów.

Jedną z nich jest metoda Poka-Yoke, która wywodzi się z japońskiej fabryki Toyoty i została opracowana przez Shingeo Shingo. Twierdził on, że występowanie błędów jest rzeczą ludzką, gdyż nie można zmusić operatora pracującego na stanowisku pracy do stuprocentowej koncentracji przez cały czas trwania zmiany (Huber, 2006). Ten japoński inżynier był również twórcą metody SMED oraz należał do twórców systemu produkcyjnego Toyoty (ang. *Toyota Production System TPS*). Pierwsze rozwiązanie Poka-Yoke zastosowano w 1961 r. w fabryce Yamada Electric Ind. Co. Problem polegał na tym, że pracownicy notorycznie zapominali o montażu sprężynki pod guzikiem włącznika elektrycznego. Pomysł Shingeo Shingo polegał na zastosowaniu podajnika, którego zadaniem było dostarczenie operatorowi wszystkich elementów niezbędnych do prawidłowego montażu włącznika. W ten sposób został wyeliminowany błąd polegający na tym, że pracownik zapominał pobrać sprężynkę i ją zamontować (Huber, 2006).

Metoda Poka-Yoke (ang. *Mistake-Proofing*), zwana również zero defektów, to metoda, której głównym celem jest uniemożliwienie przejścia wyrobu z defektem pomiędzy procesem, w którym powstał (defekt) a następną operacją (Hamrol, 2016). Shingeo Shingo przyjął trzy kluczowe warunki dla swojej metody (Productivity Press, 1997):

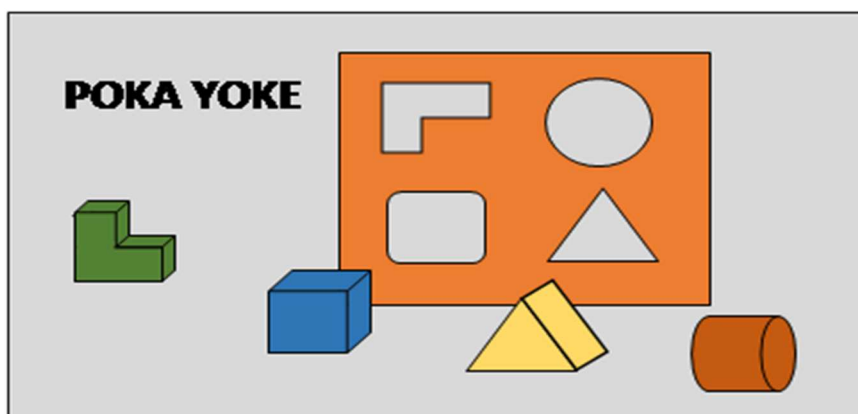
- pełna autonomiczność, polegająca na prowadzeniu kontroli przez osobę wykonującą wyrób na danym etapie produkcji,
- kontrola 100% wytworzonych wyrobów,
- jak najniższe koszty, co jest możliwe do uzyskania dzięki temu, że operator w czasie wykonywania operacji jest również odpowiedzialny za kontrolę wyrobu, dzięki czemu kontrola jest częścią składową operacji (Hamrol, 2016). Działanie kontroli opartej na metodzie Poka-Yoke jest bardzo proste i intuicyjne, np. sortowanie klocków o różnych kształtach, co przedstawiono na rys. 2.12. Dzięki zastosowaniu metody zero defektów sortowanie odbywa się z wykorzystaniem matrycy kształtów, co uniemożliwia włożenie klocka z innym kształtem, np. trójkąta, do pojemnika z klockami o kształcie kwadratu. Ten prosty przykład doskonale tłumaczy ideę Poka-Yoke.

Rysunek 2.12 prezentuje ideę Poka-Yoke, która polega na takim zaprojektowaniu procesu montażu, żeby maksymalnie ułatwić wykrycie ewentualnego błędu przez pracownika, który go popełni. W praktyce może to polegać na stosowaniu elementów łączeniowych o zróżnicowanych kształtach, które pasują tylko do jednego, ściśle określonego miejsca urządzenia.

W drodze dalszego rozwoju metody Poka-Yoka Shingeo Shingo wyodrębnił urządzenia stosujące jego technikę, które podzielił według funkcji regulacyjnej oraz ustawiającej.

Funkcja regulacyjna (ang. *Regulatory Function*) zawiera następujące metody (Huber, 2006):

- kontroli/sterowania (ang. *Control Methods*) – w momencie wystąpienia wady proces zostaje zatrzymany, a wadliwy element usunięty lub naprawiony. Metoda ta skutecznie zapobiega produkcji wadliwych elementów, ale z drugiej strony każde zatrzymanie maszyny to obniżenie zdolności produkcyjnych,
- ostrzegania (ang. *Warning Methods*) – gdzie głównym elementem jest alarm dźwiękowy bądź świetlny, który informuje operatora o wystąpieniu błędu podczas wykonywania czynności. Warto podkreślić, że ważnym elementem jest dobór odpowiedniego koloru oraz sygnału ostrzeżenia, tj. takich bodźców, które będą się wyróżniały z sygnałów dnia codziennego.



Rys. 2.12. Przykładowe zastosowanie Poka-Yoke

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Ławniczak, 2013).

Funkcja ustawiająca (ang. *Setting Function*) zawiera następujące metody (Huber, 2006):

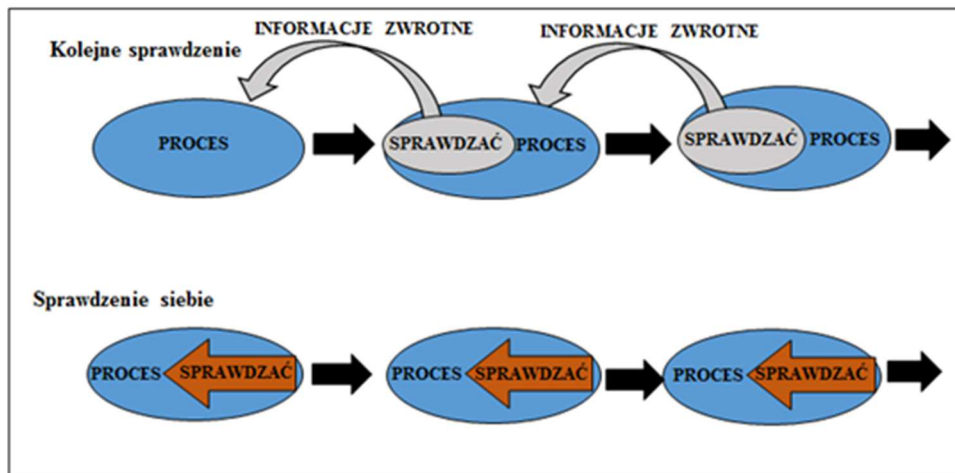
- kontaktu (ang. *Contact Methods*) – stosowana, gdy ma się do czynienia z częściami o nieszablonowych kształtach, gdzie zastosowanie drobnych innowacji technologicznych zapobiega powstaniu błędów (np. odpowiednio skonstruowane do danego stanowiska narzędzia, m.in. układ otworów i układy trzpieniowe, ustalające jednoznaczne ułożenie danego elementu, dopasowane uchwyty),
- ustalonej wartości (ang. *Fixed Value Methods*) – wykrywająca błędy przez sprawdzanie liczby elementów w operacjach, gdzie jest wymagana ich określona liczba, za pomocą licznika wykonanych ruchów (np. liczba śrub do wkręcenia do wyrobu),

- koniecznego kroku (ang. *Motion Step Methods*) – jej istota polega na tym, aby dany ruch był wykonany w określonym czasie lub określonej kolejności względem kolejnych operacji (np. zastosowanie czujników pobrania elementu, wagi, liczniki).

Wiele rzeczy może się nie udać w złożonym środowisku pracy. Każdego dnia podczas realizacji procesów można popełnić błędy, które skutkują wadliwymi produktami (Shimbun, 1989). U podstaw metodologii Poka-Yoke stoi przekonanie, że nie wolno wyprodukować choćby jednego wadliwego wyrobu. Aby stać się światowej klasy konkurentem, organizacja musi przyjąć filozofię i praktyki „bez defektów”, które generują ogromne koszty w rachunku zysku i strat organizacji (Dudek-Burlikowska i Szewieczek, 2009). Kontekst powstawania błędów odpowiednio zaznaczył Deming, który stwierdził, że problemem, który wpływa na powstawanie błędów, nie są ludzie, ale proces, procedury czy system. Deming udowodnił, że 85% braków powstaje z wymienionych wcześniej przyczyn (Huber, 2006).

Metody zapobiegania błędom to sprawdzone sposoby osiągnięcia celu zera defektów (Shingo, 1986). Shigeo Shingo zdał sobie sprawę z ograniczeń technik statystycznych i opracował trzyetapowy proces ZQC (ang. *Zero Quality Control*). Zerowa kontrola jakości (ZQC) to podejście do kontroli jakości pozwalające osiągnąć zero defektów, opierając się na zasadzie, że zapobiega się defektom przez bieżące kontrolowanie przebiegu procesu. System ten składa się z czterech podstawowych elementów (Shingo, 2010):

- kontrola u źródeł wytwarzania (rys. 2.13),
- kontrola 100% sztuk,
- natychmiastowa informacja zwrotna na zasadzie OK/NOK,
- zastosowanie metod Poka-Yoke.



Rys. 2.13. Samokontrola w każdym kolejnym etapie procesu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Shingo, 2010).

Bardzo ważnym aspektem w metodzie ZQC jest inspekcja, a mianowicie (Shingo, 2010):

- **inspekcja oceniania** (ang. *Judgement Inspection*) – odkrywanie wad podczas kontroli po przetworzeniu, w celu oddzielenia wyrobów akceptowalnych od wadliwych. System ten chroni klienta przed otrzymaniem wadliwych wyrobów, ale niekoniecznie zmniejsza liczbę wad,
- **inspekcja informująca** (ang. *Informative Inspection*) – redukcja wad. Dane wykorzystywane z kontroli są przekazywane w celu zapewnienia informacji zwrotnej dla procesu tworzącego wady, aby można było podjąć działania doskonalące w celu redukcji poziomu tworzonych wad. Bardzo ważna jest tutaj metoda statystycznego sterowania procesem (ang. *Statistical Proces Control – SPC*), która jest skutecznym narzędziem zapewniającym informację zwrotną związaną z warunkami „poza kontrolą”, wspierającym metody pracy i udoskonalenia systemu w celu redukcji zdarzeń poza granicami kontroli. Shingo w swym dorobku udokumentował m.in. dwa w ok. 100% informacyjne systemy inspekcji, inspekcję przez samokontrolę (ang. *self-check*) i inspekcję sukcesywną (ang. *successive-check*). Oba systemy są najskuteczniejsze, gdy wspomagają się je urządzeniami związanymi z metodologią Poka-Yoke,
- **inspekcja u źródła** (ang. *Source Inspection*) – zapobieganie wadom przez kontrolę czynników powodujących wady (błędy). Podejście to opiera się na odkrywaniu błędów, które powodują wady oraz zapewnianiu informacji zwrotnej, w celu umożliwienia działań doskonalących na etapie wystąpienia błędu, zanim zostanie wyprodukowana wada.

Dzięki wdrożeniu wielu rozwiązań z wykorzystaniem narzędzi Poka-Yoke oraz systemu *Statistical Quality Control* procesy produkcyjne stają się bardziej wydajne i zautomatyzowane. Mniej niezgodności i wad to większe przychody i więcej zadowolonych klientów.

## Bibliografia

- [1] Dudek-Burlikowska M., Szewieczek D. (2009), The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. Gliwice.
- [2] Hamrol A. (2016), Strategie i praktyki sprawnego działania: Lean, Six sigma i inne. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [3] Huber Z. (2006), Poka-Yoke. Dostępne na: <http://huber.pl/files/art-4.pdf> (dostęp: 18.02.2021).
- [4] Ławniczak I., Mazurek P., Iwanowicz A., Mrugalska B. (2013), Innowacyjne rozwiązania i metody udoskonalania systemów bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie. Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa, t. 1, s. 357-370, Politechnika Poznańska.
- [5] Nikkan Kogyo Shimbun (1989), Poka-Yoke: Poprawa jakości produktu poprzez zapobieganie defektom. Productivity Press.
- [6] Productivity Press (1997), Mistake-Proofing for Operators. The ZQC System. Portland, Oregon.



- [7] Shingeo Shingo (2010), Zapobieganie błędom dla operatorów: System ZQC. ProdPublishing, Warszawa.
- [8] Shigeo Shingo (1986), Zero Quality Control: Source Control and Poka-Yoke System. Productivity Press. Dostępne na: [https://www.google.com/books?hl=pl&lr=&id=gkE8K7axQbYC&oi=fnd&pg=PR23&dq=Shigeo+Shingo,+%22Zero+Quality+Control:+Source+Control+and+Poka-Yoke+System%22,+Productivity+Press,+1986&ots=AmTA2NPEdE&sig=vFw\\_PwGgH1G\\_q973AmwT98LpmM](https://www.google.com/books?hl=pl&lr=&id=gkE8K7axQbYC&oi=fnd&pg=PR23&dq=Shigeo+Shingo,+%22Zero+Quality+Control:+Source+Control+and+Poka-Yoke+System%22,+Productivity+Press,+1986&ots=AmTA2NPEdE&sig=vFw_PwGgH1G_q973AmwT98LpmM) (dostęp: 18.02.2021).



## Rozdział 3.

### Cyfryzacja przedsiębiorstw

#### 3.1. Strategie cyfryzacji przedsiębiorstwa (Patrycja Wójcik)

W XX wieku technologie informacyjno-komunikacyjne (ang. *Information and Communication Technologies – ICT*) były postrzegane jako strategiczne narzędzie dla rozwoju przedsiębiorstw (Porter i Millar, 1985; Child, 1987). Obecnie, w erze cyfrowej rozwiązania cyfrowe w większości są przedstawiane jako narzędzia pozwalające obniżyć koszty, przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności (Stankovska i in., 2016). Mamy do czynienia z rozpoczynającą się czwartą rewolucją przemysłową. Wpływa na nią nagły i gwałtowny postęp technologiczny. Zmiany są najbardziej widoczne w transformacji cyfrowej, automatyzacji hal produkcyjnych oraz magazynów (Rogaczewski i in., 2020).

Współczesna gospodarka charakteryzuje się coraz silniejszymi wpływami ze strony naukowo-technicznej. Postęp technologii umożliwia przedsiębiorstwom gromadzenie i analizowanie danych w postaci cyfrowej. Rozwój sztucznej inteligencji oraz opracowanie nowych języków maszynowego uczenia się spowodowały robotyzację niektórych czynności do tej pory wykonywanych jedynie przez człowieka. Wszystkie te zamiany spowodowały początek czwartej rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0). Od wspomnianej rewolucji oczekuje się całkowitego przejścia od tradycyjnych systemów wytwórczych do systemów cyberfizycznych (ang. *Cyber-Physical Systems – CPS*) (Łobejko, 2018). Kraje rozwinięte gospodarczo podejmują inicjatywy, które mają na celu ciągłą optymalizację funkcjonowania przedsiębiorstw przemysłowych przez gromadzenie i przetwarzanie szczegółowych informacji w czasie rzeczywistym. Trend cyfryzacji można zauważyć przede wszystkim w tym, że po wielkim kryzysie finansowym, przy ogólnym spadku inwestycji na terenie całej Unii Europejskiej nakłady na aktywa cyfrowe znacząco wzrosły (na software o 36%, natomiast na hardware o 22%) (Chaber, 2017). Kraje są w różnym stopniu przygotowane na wprowadzanie przemysłu 4.0 oraz cyfryzacji przedsiębiorstw. Według badań przeprowadzonych przez B. Ślusarczyk najlepiej do tego procesu są przygotowane Niemcy oraz Stany Zjednoczone. Około 90% przedsiębiorstw jest zainteresowanych wprowadzeniem rozwiązań Przemysłu 4.0. Japonia w ok. 70% jest gotowa na wprowadzenie zmian w swoich przedsiębiorstwach. Polska wykazuje coraz większe zainteresowanie unowocześnianiem przedsiębiorstw oraz otwiera się na zastosowanie nowych rozwiązań technicznych (Ślusarczyk, 2020).

Cyfryzacja to przede wszystkim proces, który z jednej strony dotyczy wdrażania nowoczesnych technologii i ciągłego ich udoskonalania, a z drugiej wpro-

wadzenia w przedsiębiorstwach podstawowych funkcji cyfrowych w celu nadrobienia „zaległości” w ogólnym postępie technologicznym. Cyfryzacja przedsiębiorstw zazwyczaj wiąże się z gruntownymi zmianami w funkcjonowaniu całego przedsiębiorstwa. Jest to długotrwały proces wiążący się z inwestycją w kapitał ludzki, a przede wszystkim z inwestycją w technologię (Child, 1987). W Polsce w dalszym ciągu istnieje duża potrzeba cyfryzacji podstawowych procesów. W porównaniu z innymi krajami europejskimi wciąż można zauważyć, że polskie przedsiębiorstwa w mniejszym stopniu wykorzystują systemy ERP (ang. *Enterprises Resource Planning*) czy CRM (ang. *Client Relationship Menagement*). W dalszym ciągu wiele małych oraz średnich firm (głównie rodzinnych) w niewielkim stopniu reaguje na postęp technologiczny. Ich kontakty z klientami opierają się na bezpośrednich bliskich relacjach. Przedsiębiorstwa o najmniejszym stopniu cyfryzacji w Polsce pochodzą z branży metalowej oraz meblarskiej. Są to branże duże, jednak bardzo rozdrobnione i zdominowane przez małe i średnie podmioty (Łobejko, 2018).

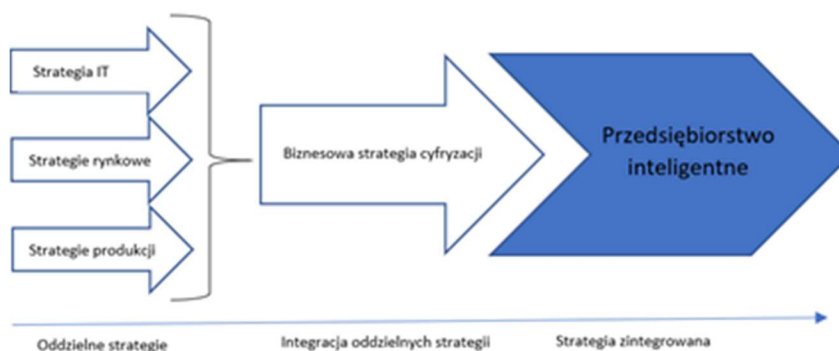
Cyfryzacja jest procesem wielowymiarowym, prowadzi do konwergencji świata rzeczywistego. Jak podaje Łobejko w swojej pracy o strategiach rozwoju cyfryzacji, jej rozwój jest napędzany wieloma czynnikami, takimi jak (Łobejko, 2018):

- Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things – IoT*),
- Internet Wszecchrzeczy (ang. *Internet of Everything – IoE*),
- aplikacje i usługi na chmurze obliczeniowej (ang. *cloud computing*),
- wszechobecna łączność (ang. *hyperconnectivity*),
- analityka dużych zbiorów danych i ich analiza (ang. *Big Data Analytics – BDA*),
- duże dane jako usługa (ang. *Big-Data-as-a-Service – BDaaS*),
- automatyzacja (ang. *automation*),
- robotyzacja (ang. *robotisation*),
- wielokanałowe (ang. *multi-channel*) oraz wszechkanałowe (ang. *omni-channel*) modele dystrybucji produktów i usług.

Aby przedsiębiorstwo osiągnęło sukces w świecie cyfrowym, powinno stworzyć strategię cyfryzacji łączącą technologie cyfrowe z zasobami informacji i wiedzy oraz zasobami materialnymi. Firma, która chce się rozwijać, musi inwestować w nowe technologie, które umożliwiają nie tylko cyfryzację działalności biznesowych, lecz również zmianę modelu biznesowego oraz metod konkurencyjności na rynku i pozyskiwania nowych klientów. Strategia ta powinna obejmować technologie sprzętowe, oprogramowanie i przede wszystkim działalność gospodarczą we wszystkich wymiarach. Przedsiębiorcy, aby zrozumieć ideę cyfryzacji, muszą uświadomić sobie, że to nie jest jedynie zestaw nowych technologii, lecz nowe technologie zmieniające reguły i modele biznesu znane to tej pory. Żeby wprowadzenie cyfryzacji było pomyślne, nowe strategie muszą ze sobą współdziałać (Chaber, 2017).



Do niedawna firmy posiadały strategię IT, która zazwyczaj nie była połączona w żaden konkretny sposób z poprawianiem funkcjonowania firmy oraz jej strategiami rynkowymi. Obecnie strategia IT wykorzystywana w przedsiębiorstwach jest już w pełni rozwinięta, a co za tym idzie – coraz trudniej osiągnąć za jej pomocą wartość dodaną dla przedsiębiorstwa. Dlatego konieczne jest działanie na rzecz budowania przedsiębiorstwa inteligentnego. W celu osiągnięcia przedsiębiorstwa inteligentnego konieczne jest zintegrowanie strategii IT, strategii rynkowych oraz strategii produkcji (rys. 3.1).



Rys. 3.1. Biznesowa strategia cyfryzacji

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Łobejko, 2018).

Penc stwierdza, że *przedsiębiorstwo inteligentne przeciwdziała stagnacji, tworzy klimat sprzyjający twórczemu uczeniu się i kreowaniu innowacji, a także rozwijaniu przedsiębiorczości wewnętrznej (intrapreneurship), która oznacza rozpoczynanie i rozwijanie nowych zamierzeń wewnątrz strukturalnych ram istniejącej organizacji* (Penc, 2009). Takie przedsiębiorstwo będzie mogło rozwijać swoje kompetencje i doskonalić łańcuch wartości. Przedsiębiorstwo inteligentne jest elastyczne – adaptuje się do wielu sytuacji, jest innowacyjne, przez co potrafi radzić sobie ze złożonością, dużą ilością informacji, a także różnorodnością usług (Thannhuber, 2005).

Biznesowa strategia cyfryzacji (ang. *Digital Business Strategy* – DBS) to koncepcja, która pojawiła się w podstawowej formie już w 2010 r. Została wprowadzona przez Mithasa i Lucasa (Mithas i in. 2010), następnie rozszerzona w 2013 r. (Bharadwaj, 2013). Według tej koncepcji strategia powinna być tworzona i realizowana przez wykorzystanie zasobów cyfrowych, w celu tworzenia zróżnicowanej wartości, która jest generowana innowacjami destrukcyjnymi dla dotychczasowych technologii (Bharadwaj, 2013). Przedsiębiorstwa, które do tej pory zwlekały z cyfryzacją swojej działalności, powinny zdawać sobie sprawę, że nie jest to proces łatwy, lecz wielostopniowy, czasem trwający miesiącami, a nawet latami.

Cyfryzacja wiąże się z licznymi zmianami w przedsiębiorstwie. Niektóre to drobne i kosmetyczne poprawki, takie jak udoskonalenie procesu kontroli jakości

produkcji przez zastosowanie nowych urządzeń elektrotechnicznych i pomiarowych, badających każdy element na linii produkcyjnej i przeprowadzające ocenę jego zgodności z narzuconymi normami i standardami. Zazwyczaj są to jednak wielkie przekształcenia i kosztowne inwestycje, niektóre liczone w miliardach, rozkładane na długi okres. Ich zadaniem jest całkowita zmiana profilu produkcji lub zastosowanie nowych, unikatowych technik obróbki wymagających użycia całkowicie innych urządzeń i maszyn (Łobejko, 2018). Zastosowanie na linii produkcyjnej kamer, mierników i innych cyfrowych sterowników przekazujących informację, np. do systemów ERP, to w założeniu duże ułatwienie pracy dla przedsiębiorstwa. Trzeba jednak przygotować przedsiębiorstwo na okres przejściowy, umożliwiający wprowadzenie wszystkich zmian. Wiąże się to z licznymi badaniami, obserwacjami, które w efekcie końcowym mogą doprowadzić do restrukturyzacji działalności – renowacji lub wymiany części podzespołów lub systemu technicznego czy nowego zaprogramowania sterowników. Dzięki takim działaniom możliwe będzie dostosowanie pojedynczych czynników, a co za tym idzie – sprawniejszy przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi działami przedsiębiorstwa (Łobejko, 2018).

Aby modele biznesowe mogły zostać poddane cyfrowej transformacji, muszą zostać wdrożone nowe metody zarządzania rozwiązaniami cyfrowymi, umożliwiającymi pełną widoczność wykonywanych operacji oraz zdalne monitorowanie, kontrolę, optymalizację w czasie rzeczywistym. Musi to być możliwe nie tylko w jednym zakładzie, ale również w globalnej sieci zakładów. Takie zarządzanie cyfrowym aspektem całego łańcucha wartości w dużym stopniu ułatwi dzielenie się informacjami z dostawcami i dystrybutorami, przez co będzie możliwy wzrost efektywności operacyjnej przy użyciu optymalizacji łańcucha dostaw w czasie rzeczywistym oraz prognozowanie zapotrzebowania na dane. Pozwoli to na zmniejszenie kosztów zapasów i dzięki lepszemu dopasowaniu podaży do popytu poprawi poziom świadczonych usług i satysfakcji klienta.

Można wskazać na trzy archetypy zakładów, które urzeczywistniają ideę przemysłu 4.0 (McKinsey Digital, 2015):

- a) inteligentna fabryka (ang. *Smart automated plant*) – w pełni zdigitalizowana i zautomatyzowana, umożliwiająca masową produkcję oraz osiągnięcie wysokiej efektywności kosztowej,
- b) klientocentryczna fabryka (ang. *Customer-centric plant*) – ultrasensywna, o produkcji jednostkowej zorientowanej na klienta. Umożliwia obsługę wielu klientów w sposób indywidualny, wypełniając lukę pomiędzy zintegrowanym łańcuchem dostaw osiagającym korzyści skali oraz spersonalizowanym podejściem do produkcji i usług. Będzie to możliwe dzięki wykorzystaniu produkcji cyfrowej, druku 3D oraz zaawansowanej robotyki,
- c) e-fabryka (ang. *E-plant in a box*) – mobilna, o niskich nakładach inwestycyjnych, łatwo dostępna w czasie i przestrzeni.

Polskie przedsiębiorstwa potrzebują zmiany podejścia do zarządzania strategicznego z dotychczasowego, opartego na indywidualnych, dziedzinowych strate-

giach rozwoju (zaopatrzenia, zbytu, produkcji, rynku itd.) na podejście zintegrowane – ukierunkowane na wizję przedsiębiorstwa inteligentnego, realizującego biznesową strategię cyfryzacji. Wymaga to dużego zaangażowania zarówno ze strony managerów przedsiębiorstw, jak i ich interesariuszy, instytucji otoczenia biznesu oraz władz samorządowych i centralnych. Ze względu na to, że w czwartej rewolucji przemysłowej po raz pierwszy w historii rozwoju gospodarczego pojawiła się możliwość przewidywania jej przebiegu (a nie tylko opisywania *ex-post*), ważną rolę do spełnienia ma nauka i sfera badawczo-rozwojowa.

Przedsiębiorstwa powinny zważać na wartość dodaną i możliwości, jakie niesie ze sobą cyfryzacja. Przymus nie powinien być jedynym powodem, dla którego zdecydują się na transformację cyfrową. Cyfryzacja to zjawisko dotyczące nie tylko poszczególnych przedsiębiorstw, lecz całej gospodarki. W polskich przedsiębiorstwach musi zająć zmianę podejścia do zarządzania ze strategii jednostkowej na kompleksowe, zintegrowane podejście skierowane w stronę przedsiębiorstwa inteligentnego, które realizuje biznesową strategię cyfryzacji (Łobejko, 2017).

## Bibliografia

- [1] Bharadwaj A., El Sawy O.A., Pavlou P.A., Venkatraman N. (2013), Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly* 37, 2.
- [2] Chaber P. (2017), ICT w przedsiębiorstwach w Polsce na tle innych krajów. [W:] Tarnawa A., Skowrońska A. (red.), *Sektor MSP w Polsce i UE*, PARP, Warszawa, 54-67.
- [3] Child J. (1987), Information Technology, Organization, and the Response to Strategic Challenges, *California Management Review*, 30, 1, 33-50.
- [4] Rogaczewski R., Cieślak R., Suszyński M. (2020), The impact of digitalization and Industry 4.0 on the optimization of production processes and workplace ergonomics. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, 48(4), 133-145.
- [5] Łobejko S. (2018), *Strategie cyfryzacji przedsiębiorstw*. [W:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Tom 2. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
- [6] McKinsey Digital (2015), *Industry 4.0. How to navigate digitization of the manufacturing sector*. Dostęp na: [https://www.mckinsey.de/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf) (dostęp: 10.11.2020).
- [7] Mithas S., Lucas Jr H.C. (2010), What is Your Digital Business Strategy. *IT Professional* 12, 6.
- [8] Penc J., *Myślenie strategiczne w organizacji XXI wieku*. Dostępne na: [http://www.zti.com.pl/instytut/pp/referaty/ref8\\_full.html](http://www.zti.com.pl/instytut/pp/referaty/ref8_full.html) (dostęp: 11.11.2020).
- [9] Porter M.E., Millar V.E. (1985), How Information Gives You Competitive Advantage. *Harvard Business Review*, July–August, 64, 4, 149-160.
- [10] Stankovska I., Josimovski S., Edwards C. (2016), Digital Channels Diminish SME Barriers: The Case of the UK. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29, 1, 217-232.
- [11] Ślusarczyk B. (2020), Industry 4.0: Are we ready? *Polish Journal of Management Studies*, 17.
- [12] Thannhuber M.J. (2005), *The intelligent enterprise: theoretical concepts and practical implications*. Physica-Verlag, A Springer Company.



### 3.2. SAP ERP (Arkadiusz Linder)

Każde przedsiębiorstwo dąży do optymalizacji procesów biznesowych, wzrostu wydajności i redukcji kosztów. Posiadanie nowoczesnego oprogramowania pozwalającego na kierowanie, planowanie zarządzania oraz kontrolowanie niemal wszystkich działań w firmie jest czynnikiem warunkującym sukces prowadzonego biznesu.

Systemy informatyczne to narzędzia udostępniające użytkownikom obszerną funkcjonalność, która umożliwia przetwarzanie dużej ilości danych. To właśnie dane zapisane w bazach danych stanowią spoiwo dla systemu informacyjnego pojedynczego przedsiębiorstwa, jak również dla całego łańcucha dostaw. Informacja jest natomiast wynikiem przetwarzania tych danych z jednej postaci w inną, przez działanie odpowiednich funkcji systemu informatycznego (Majewski, 2008).

Przykładem zintegrowanego systemu informatycznego w pełni wspomagającego procesy logistyczne jest system SAP ERP. Jest on w pełni zintegrowaną aplikacją światowej klasy, spełniającą główne wymagania biznesowe średnich oraz dużych firm ze wszystkich branż i sektorów rynku. System obsługuje szerokie spektrum procesów biznesowych. Ułatwia firmom prowadzenie operacji finansowych, zarządzanie kadrami, realizację zadań związanych z logistyką, projektowanie i wytwarzanie produktów, a także sprzedaż i serwisowanie. Wszystkie te działania wspiera przez funkcjonalność wykonywania analiz, usług korporacyjnych oraz świadczenia usług użytkownikom końcowym. Funkcje oraz operacje z zakresu logistyki dystrybucji są realizowane w ramach modułu funkcyjnego Sales and Distribution (SD) (Magal, 2011).

System planowania zasobów przedsiębiorstwa (ERP) jest systemem komputerowym. Jest to narzędzie zdolne do ujednoczenia różnych procesów biznesowych i strukturyzacji informacji w zaawansowaną jednostkę struktury danych (Elomen, 2016).

SAP ERP – zintegrowany modułowy pakiet oprogramowania ERP (ang. *Enterprise Resources Planning*) służący do planowania zasobów przedsiębiorstwa stworzony przez SAP wspiera zarządzanie w dużych i średnich organizacjach różnych branż. W skład systemu wchodzi następujące moduły (Auksztol, 2011):

#### 1. Finance

- Rachunkowość finansowa
- Controlling

#### 2. Human Capital Management

- Administracja kadrami
- Zarządzanie czasem pracy
- Lista płac
- Planowanie i rozwój kadr

#### 3. Logistyka

- Gospodarka materiałami
- Planowanie produkcji

- Utrzymanie ruchu
- Sprzedaż i dystrybucja
- Obsługa klienta
- Zarządzanie jakością
- System projektowy
- Gospodarka magazynowa

#### 4. Cross applications

- Rozwiązania branżowe
- Przepływy robocze

System SAP to jedno kompleksowe rozwiązanie, które można zastosować we wszystkich działach przedsiębiorstwa. Oprogramowanie jest na tyle elastyczne, że pozwala na łatwe dostosowanie funkcjonalności do indywidualnych potrzeb firmy. Z uwagi na otwartą architekturę oraz wbudowane narzędzia programistyczne daje możliwość wzbogacenia struktury systemu o dodatkowe opcje – branżowe rozszerzenia dostosowane do specyfiki każdego przedsiębiorstwa.

System SAP ERP wspiera przedsiębiorstwo w następujących obszarach (Wojsa, 2013):

- **Zarządzanie sprzedażą i zasobami ludzkimi**

System ERP SAP wspomaga dział sprzedaży w realizacji wszystkich zaplanowanych działań – od pierwszej rozmowy z klientem, przez sfinalizowanie transakcji, aż po obsługę posprzedażową. Pozwala na przechowanie ważnych informacji o klientach w jednym miejscu i sprawne zarządzanie nimi. System ERP SAP umożliwia również tworzenie szczegółowych raportów związanych ze wszystkimi aspektami procesu sprzedaży, planowania kampanii marketingowych. Pozwala także na skuteczne zarządzanie umowami gwarancyjnymi i serwisowymi. Dzięki dostępnym aplikacjom mobilnym możliwy jest ciągły kontakt z klientami, niezależnie od miejsca i czasu.

- **Kontrola zaopatrzenia i magazynu**

System komputerowy SAP wspomaga proces zarządzania magazynem, lokalizacjami towarów, partiami i numerami seryjnymi. Dzięki wykorzystaniu kodów kreskowych, RFID, QR czy DataMartix i integracji z terminalami lub kolektorami danych pozwala na automatyzację pracy oraz zwiększenie jej wydajności, prowadząc tym samym do zoptymalizowania procesów dystrybucji towarów i zmniejszenia nakładów finansowych.

- **Planowanie produkcji**

Oprogramowanie SAP pozwala na efektywne zarządzanie zapasami i tworzenie optymalnych planów zaopatrzenia towarów niezbędnych do produkcji, gwarantując ich dostępność, bez konieczności utrzymywania nadwyżek magazynowych. Umożliwia wygodne rejestrowanie procesów przyjmowania i wydawania towarów, śledzenie lokalizacji zapasów i transferów, a także aktywowanie zleceń wysyłki i dostaw.



- **Zarządzanie projektami i zasobami**

Dostęp do bieżącej analizy kosztów oraz raportów obrazujących realizowane aktualnie projekty umożliwia śledzenie i kontrolowanie skuteczności podejmowanych czynności, a także szybkie reagowanie na pojawiające się błędy lub eliminowanie działań, które nie przynoszą oczekiwanych rezultatów. To pozwala na maksymalne wykorzystanie zasobów, skrócenie czasu pracy, a co za tym idzie – obniżenie kosztów.

- **Analityka i raportowanie**

System ERP SAP daje niemal nieograniczone możliwości tworzenia analiz i raportów, pozwalając tym samym na podejmowanie bardziej przemyślanych decyzji. Zgromadzone informacje na temat wszystkich obszarów działalności przedsiębiorstwa można rozpatrywać na wielu płaszczyznach, udostępniając jednocześnie całej firmie wyniki analiz. Użytkownicy mają łatwy wgląd do informacji o przychodach i kosztach, co umożliwia wygodną ocenę skuteczności działań i podejmowania decyzji na podstawie aktualnych danych.

- **Zarządzanie finansami**

Program SAP pozwala na zautomatyzowanie wszystkich operacji finansowych w firmie. Umożliwia precyzyjne zarządzanie przepływami pieniężnymi, kontrole budżetów, monitorowanie kosztów projektów, zarządzanie środkami trwałymi, a także automatyczną obsługę wszystkich kluczowych procesów księgowych w przedsiębiorstwie. Dzięki możliwości tworzenia sprawozdań i analiz pozwala na bieżące kontrolowanie wydatków i podejmowanie decyzji korzystnych z finansowego punktu widzenia.

System SAP wychodzi naprzeciw takim procesom firmy, jak finanse, logistyka, zarządzanie zasobami ludzkimi czy controlling. Rozwiązanie to dedykowane jest średnim i małym przedsiębiorstwom, bez względu na branżę, w jakiej funkcjonują. Program sprawdzi się zarówno w firmach produkcyjnych, jak i usługowych czy handlowych – wszędzie tam, gdzie zarządzanie różnego rodzaju procesami wymaga wsparcia informatycznego. Zdecydowana większość systemów ERP ma budowę wielomodułową, a to oznacza, że pozwala na wdrożenie wszystkich lub niektórych elementów w zależności od specyfikacji czy potrzeb danego przedsiębiorstwa. System ERP SAP to kompleksowy pakiet wszystkich modułów. To właśnie sprawia, że jest jednym z najczęściej wybieranych rozwiązań informatycznych (Auksztol, 2011).

Wdrożenie systemu ERP SAP przynosi wiele długofalowych korzyści. Najważniejszą z nich jest oczywiście znaczna redukcja kosztów. Do innych korzyści można zaliczyć: zautomatyzowanie większości procesów w firmie, możliwość weryfikowania planów produkcyjnych, kontrolę przepływów pieniężnych, monitorowanie wydajności i efektywności zarządzania zasobami. Wszystko to ma istotny wpływ na oszczędność kosztów w przedsiębiorstwie (Wojsa, 2013).

## Bibliografia

- [1] Abd Elmonem M.A., Nasr E.S., Geith M.H. (2016), Benefits and challenges of cloud ERP systems – A systematic literature review. *Future Computing and Informatics Journal*, 1, 1-2, 1-9.
- [2] Auksztol J., Balwierz P., Chomuszko M. (2010), *SAP. Zrozumieć system ERP*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [3] Magal S.R., Word J. (2011), *Integrated Business Processes with ERP Systems*. Wiley-PLUS.
- [4] Majewski J. (2008), *Informatyka dla logistyki*. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- [5] Wojsa M., Auksztol J., Chomuszko M. (2013), *SAP. Scenariusze księgowość. Moduł SAP-FI*. Wydawnictwo Naukowe PWN.

### 3.3. ERP Impuls EVO (Bartłomiej Wójcik)

ERP Impuls EVO jest to system, który służy do planowania zasobów przedsiębiorstwa (ang. *Enterprise Resource Planning*). Podobnie jak program ERP SAP zajmuje się zarządzaniem takimi zagadnieniami, jak produkcja, handel, logistyka, magazyn, finanse i księgowość, kadry i płace, marketing itp. Wszystko oparte jest na jednej wspólnej bazie danych.

Tym, co wyróżnia system Impuls EVO na tle innych systemów ERP, jest fakt, że program automatyzuje procesy produkcyjne i w czasie rzeczywistym pokazuje, jak obciążone są maszyny, czy zlecenia są optymalnie rozłożone, jakie są koszty zarówno przed rozpoczęciem procesu produkcji, jak i po jej zakończeniu. Dodatkową zaletą jest to, że można sprawdzić wartość kosztów również podczas trwania procesu produkcyjnego.

Funkcjonalność ERP Impuls EVO (Funkcjonalność ERP Impuls EVO, 2020):

1. Specjalizacja w produkcji
  - a) system sterowania i elektronicznej rejestracji produkcji – pozwala na ewidencję zdarzeń produkcyjnych. Operator może rejestrować informacje o wykonywanej produkcji, czasie pracy, powstałych brakach czy przestojach maszyn. Jest też możliwość zliczania zużycia materiałów w sposób automatyczny, na podstawie norm materiałowych i informacji o wykonanych wyrobach,
  - b) wersje wyrobów – pozwala na tworzenie i zarządzanie bazą technologiczną i konstrukcyjną wyrobów, zespołów, podzespołów, półwyrobów oraz półfabrykatów. Program pozwala także na tworzenie rewizji i kart zmian oraz dołączanie i przegląd dokumentacji,
  - c) harmonogram produkcji MPS (ang. *Master Production Schedule*) oraz zgrubna analiza kluczowych zasobów (ang. *Rough-cut capacity planning – RCCP*) – umożliwia tworzenie planów produkcyjnych w krótkim i średnim horyzoncie czasowym z wykorzystaniem m.in. prognoz sprzedaży, zamówień klientów oraz informacji o bieżących zapasach magazynowych,
  - d) analiza potrzeb materiałowych MRP (ang. *Material Requirements Planning*) oraz analiza zasobów CRP (ang. *Capacity Requirements Planning*) – daje możliwość podglądu wykorzystania zasobów dla uru-



chomionych zleceń produkcyjnych oraz korekty planowanych terminów realizacji,

- e) zarządzanie zleceniami – pozwala na weryfikację stopnia zaawansowania zleceń z dokładnością do operacji, wystawiania dokumentów zużycia materiałowego i przekazania gotowej produkcji na magazyn, zmianę parametrów zlecenia produkcyjnego (ilość, termin, struktura materiałowa, marszruta) oraz analizę zużycia materiałowego (norma vs. rzeczywiste zużycie).

## 2. Sprzedaż

- a) dystrybucja – kompleksowo wspomaga realizację efektywnej polityki sprzedażowej, a dzięki elastycznym narzędziom planowania kosztów oraz rozbudowanemu mechanizmowi definiowania wieloprzekrojowych raportów i analiz stanowi wiarygodne źródło podejmowania decyzji,
- b) CRM (ang. *Customer Relationship Management*) – umożliwia zbudowanie wielowymiarowej bazy wiedzy o kontrahencie, integrację działań z zakresu sprzedaży i marketingu, rejestrację terminarzy zadań dla zdefiniowanych zasobów ludzkich i materialnych, segregację rynku według dowolnie wybranego kryterium, efektywne zarządzanie i rozliczanie kampanii marketingowych, pełną obsługę serwisu i reklamacji,
- c) B2B (ang. *business-to-business*) – pozwala na składanie zamówień klientów przez przeglądarkę internetową, wprowadzenie i edycję kontrahentów oraz podgląd stanu rozrachunków u danego kontrahenta,
- d) EDI (ang. *Electronic Data Interchange*) – wykorzystując moduł EDI, można importować i eksportować zamówienia, faktury, WZ (wydanie zewnętrzne), PZ (przyjęcie zewnętrzne).

## 3. Finanse

Pakiet finansowy systemu Impuls EVO jest kompleksowym rozwiązaniem pozwalającym na efektywne zarządzanie finansami i zwiększającym wydajność pracy działów księgowych. System jest w pełni zgodny z wymaganiami polskiego prawa i dostosowany do prawodawstwa unijnego. Program pozwala na prowadzenie ewidencji księgowej i rozliczeń finansowych jednostek o różnych profilach działalności i dowolnej strukturze. System można skonfigurować tak, aby w pełni odpowiadał specyfice przedsiębiorstwa. Będąca w całej aplikacji zasada bieżącej rejestracji zdarzeń zapewnia ciągłą kontrolę sytuacji finansowej firmy.

## 4. Personel

Pakiet obejmuje:

- a) Kadry i Płace – umożliwia zdefiniowanie struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa. Pozwala na dostęp do informacji o pracownikach w dowolnym stopniu szczegółowości, harmonogramowanie i ewidencjonowanie czasu pracy, kompleksową obsługę rozliczeń wynagrodzeń, generowanie pism kadrowych i dokumentów płacowych, opierając się na szablonach, automatycznym generowaniu dokumentów zgłoszeniowych i rozliczeń do ZUS,



- b) Portal Pracowniczy – dotyczy: stanu urlopów, przebiegu zatrudnienia, kartoteki zarobkowej, kasy zapomogowo-pożyczkowej, wykazu absencji, ewidencji czasu pracy, grupowych rozliczeń czasu pracy, wykazu badań okresowych, wykazu świadczeń socjalnych, benefitów pracownika, wyciągu z harmonogramów pracy, wykazu kwalifikacji osób, analizy procesów oraz tworzenia raportów,
- c) tworzenie e-deklaracji – umożliwia tworzenie dokumentów .xml w formacie zgodnym ze schematami wymaganymi przez Ministerstwo Finansów oraz wizualizacji e-deklaracji w interaktywnych plikach PDF udostępnianych przez Ministerstwo Finansów.

## 5. Logistyka

Efektywność zarządzania zakupami jest zintegrowana z innymi obszarami systemu ERP. W module zakupów są zapisywane dane o zamówieniach (numer i nazwa zamówienia, status zamówienia, data realizacji, czas produkcji). Każde zamówienie ma przypisany status: „wysłane”, „zrealizowane”, „częściowo zrealizowane”, „anulowane”. Pierwszy status informuje o wysłaniu zamówienia do kontrahenta. Status zrealizowane informuje, że wszystkie części zamówienia zostały przyjęte przez klienta (wystawiono dokumenty przyjęcia), częściowe wykonanie oznacza, że przynajmniej jedna część zamówienia została przyjęta. Dokumenty akceptacji zawierają informację o indeksach, liczbie przyjętych indeksów, dostawcy i dacie realizacji. W przypadku planowania produkcji przeterminowane dostawy oznaczają opóźnienie w realizacji harmonogramu. Ponieważ w systemie są przechowywane informacje o planowanych terminach dostaw i faktycznych terminach przyjęć, to w systemie ERP można określić stan dostaw (Danilczuk, Gola, 2020):

- Gospodarka Materiałowa – zapewnia sprawne zarządzanie zapasami, związanymi z nimi kosztami oraz zaopatrzeniem, co przyczynia się do wyników ekonomicznych firmy,
- Mobilna Obsługa Magazynów – wprowadza takie rozwiązania, jak: drukowanie etykiet asortymentowych, skanerową obsługę dokumentów magazynowych, skanerową inwentaryzację na podstawie arkusza GM (Gospodarka Magazynowa),
- Elektroniczna Akceptacja Zakupów – usprawnia rozliczanie faktur wynikających z zamówień oraz generowanie zamówień zakupów. Opisuje koszty w dowolnym etapie procesu oraz wspomaga proces akceptacji zapotrzebowania z uwzględnieniem kontraktów budżetów i inwestycji,
- Zarządzanie Magazynem (ang. *Warehouse Management System* – WMS) – daje czytelny obraz wykorzystania powierzchni magazynowej oraz ułożenia składowanych towarów. Ponadto obsługa magazynu staje się wydajniejsza i prostsza, a pracownicy mają pełną wiedzę o lokalizacji danego asortymentu towarowego, o konkretnym numerze serii i innych wymaganych parametrach,
- Mobilna Obsługa Kierowców i Kurierów.



## 6. Projekty

- Zarządzanie Projektami – umożliwia prowadzenie projektów począwszy od etapu ofertowania, przez realizację, aż po sprzedaż i fakturowanie. Pozwala na budowanie projektów z wykorzystaniem ich składników (etapy, zadania itp.),
- Zarządzanie Produkcją Projektową (ang. *Engineer-to-Order* – ETO) – pozwala na jednoczesną pracę wielu osób nad tworzeniem struktur materiałowych i marszrut technologicznych w ramach jednego projektu. Funkcjonalność umożliwia również generowanie zleceń produkcyjnych dla wybranych pozycji lub dla całej gałęzi drzewa złożeniowego wyrobu. Przykładowym zastosowaniem ETO będzie analiza całego projektu, łącznie z utworzonymi zleceniami produkcyjnymi, a jej następstwem – stworzenie wykresu Gantta.

Impuls EVO to zintegrowany system informatyczny klasy MRP II/ERP wspomagający zarządzanie w przedsiębiorstwie. Jest przeznaczony głównie dla średnich oraz dużych przedsiębiorstw. System wspomaga zarządzanie m.in. kapitałem, personelem, produkcją, relacjami z klientami czy obiegiem dokumentów. Ponadto zakres działania i funkcjonalność systemu Impuls EVO są bardzo szerokie, mianowicie: administrowanie systemem, zarządzanie kadrą, kontrahentami i klientami, zarządzanie zamówieniami, produkcją i dystrybucją, zarządzanie obiegiem dokumentów elektronicznych (e-deklaracje), prowadzenie księgowości i finansów przedsiębiorstwa, zarządzanie magazynem oraz obiegiem materiałów, narzędzi i maszyn, zarządzanie gospodarką transportową oraz środkami transportu wewnętrznego i zewnętrznego, raportowaniem i bieżącą analizą działania.

## Bibliografia

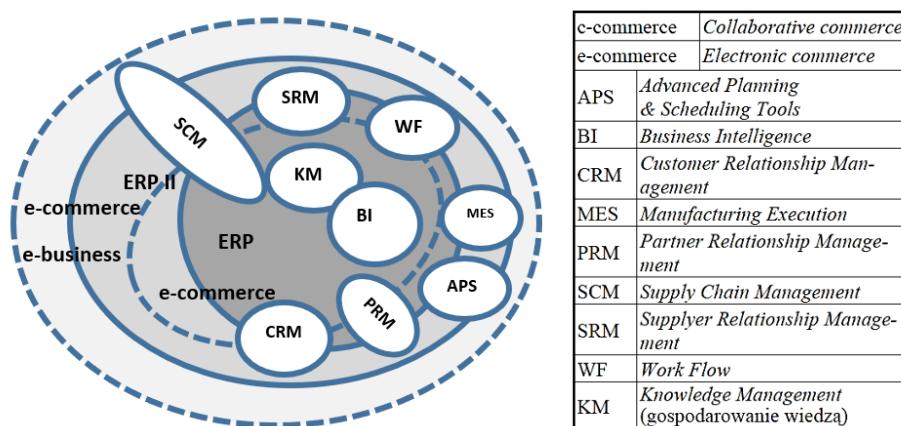
- [1] Kownacka M. (2020), Wykorzystanie systemów informatycznych w logistyce. *Przemysł Spożywczy*, 74, 7, 26-30.
- [2] Danilczuk W., Gola A. (2020), Computer-aided material demand planning using ERP systems and business intelligence technology. *Applied Computer Science*, 16(3), 42-55.
- [3] MCCOM multichannel commerce (2019), Dedykowany system B2C dla Impuls EVO. Dostępne na: <https://mcom.pl/pl/system-mcstore> (dostęp: 22.01.2021).
- [4] Funkcjonalność ERP Impuls EVO (2020), Dostępne na: <https://www.bpsc.com.pl/erp-impuls-evo> (dostęp: 22.01.2021).
- [5] Denilewicz D. (2019), Przedsiębiorstwo produkcyjne w dobie Industry 4.0. Dostępne na: <https://ssl-kolegia.sgh.waw.pl/pl/KNoP/struktura/IKL/konferencje/Documents/Gospodarka4/2.1%20Kuzniak.pdf> (dostęp: 22.01.2021).
- [6] DPS Systems (2019), ERP IMPULS EVO. Dostępne na: <https://www.dps-systems.pl/erp-impuls-evo> (dostęp: 22.01.2021).

## 3.4. System klasy MES (ang. *Manufacturing Execution System*)

(Tomasz Kobylarz)

Sprawne funkcjonowanie przedsiębiorstw w związku z konkurencją rynkową sprawiło, że systemy ERP stały się niewystarczające do wspomaganie zarządzania

operacyjnego i kontrolowania warsztatu produkcyjnego (Lenart, 2009). Systemy wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem umożliwiają usprawnienie działania firmy i poprawę wyników gospodarczych, jednak w większości przedsiębiorstw działanie systemu wspomagającego ogranicza się tylko do obszarów należących do warstwy biznesowej przedsiębiorstwa. Brakuje natomiast sprawnych mechanizmów umożliwiających przekazywanie informacji w czasie rzeczywistym wprost ze stanowisk wytwórczych i ich przeniesienie na sferę biznesową. W artykule (Krystek, 2016) słusznie zauważono, że w obecnych czasach zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym wymaga stosowania systemów informatycznych, takich jak ERP, MES SCADA oraz systemów CAD, CAM. System klasy MES (ang. *Manufacturing Execution System*), czyli system realizacji produkcji, zamyka lukę pomiędzy systemem planowania zasobów przedsiębiorstwa a procesem technicznym. Dzięki połączeniu poziomów planowania i realizacji optymalizuje procesy od zarządu po pojedyncze stanowisko na linii produkcyjnej. Rysunek 3.2 prezentuje ogólny model systemów.



Rys. 3.2. Ogólny model systemów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Klonowski, 2004).

Systemy realizacji produkcji są określane jako najważniejsze elementy warstwy produkcyjnej, mające zapewnić skuteczną komunikację pionową między warstwą biznesową i procesową (Ćwikła i Skołod, 2013). MES stanowi doskonale narzędzie niższego poziomu w stosunku do systemów planowania zasobów przedsiębiorstwa. Podstawową różnicą między systemami ERP i MES jest poziom, na jakim znajdują się w piramidzie obrazującej zarządzanie w przedsiębiorstwie, a także sposób gromadzenia i przetwarzania danych (rys. 3.3). Do systemów ERP dane mogą być wprowadzane „ręcznie”. Służą one do analizy długoterminowej. Z kolei systemy MES połączone bezpośrednio z systemami automatyki przemysłowej gromadzą i przetwarzają dane na bieżąco, dlatego istnieje możliwość pozyskania błyskawicznej informacji o stopniu realizacji produkcji. Można więc

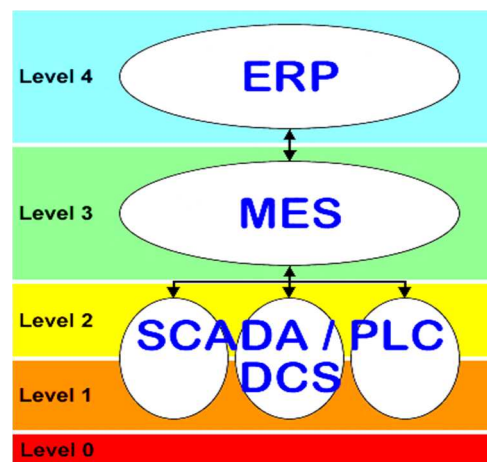
podejmować trafniejsze decyzje, co przyczynia się do eliminowania nieprawidłowości zaraz po ich powstaniu. Pozyskane dane umożliwiają analizę kluczowych wskaźników efektywności produkcji i otrzymanie rzeczywistego obrazu wykorzystania zdolności produkcyjnych przedsiębiorstwa (Grobler-Dębska i Gracel, 2011).



Rys. 3.3. Ogólny model systemów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Jaroszewski, 2014).

W literaturze systemy MES są traktowane jako jeden z modułów systemów ERP. Lenart stwierdza, że w systemach MES stosuje się sterowanie przez zdarzenia w odróżnieniu od sterowania przez transakcje charakterystycznego dla systemów MRP II (Lenart, 2009). Kozioł i Wielki słusznie zauważyli, że integracja systemów MES z systemem ERP zapewnia uzyskanie wysokiej sprawności operacyjnej dzięki optymalizacji procesów produkcyjnych od zamówienia, aż po dostarczenie klientowi gotowego wyrobu (Kozioł i Wielki, 2016). Systemy realizacji produkcji dają możliwość kontrolowania operacji oraz pomiaru i dokumentowania dowolnych procesów produkcyjnych. Dotyczy to zarówno stanowisk zautomatyzowanych, jak i manualnych. Według Klonowskiego system umożliwia przypisywanie zadań na stanowiska, graficzne harmonogramowanie i uaktualnianie planów odpowiednio do przebiegu procesów. Graficzne przedstawienie danych umożliwia szybsze reagowanie na zachodzące zdarzenia i wyeliminowanie procesów, które nie przynoszą korzyści. Możliwe jest też symulowanie wielu wariantów planów (Klonowski, 2004). Architektura, struktura i funkcje systemu MES zostały zdefiniowane w standardzie ANSI/ISA-95 będącym podstawą normy IEC 62264 (IEC 62264-1:2013). Standard umożliwia określenie, jakie informacje powinny być wymieniane między systemami. ANSI/ISA-95 dostarcza wskazówek, jak z powodzeniem wdrożyć system MES w przedsiębiorstwie, określając granice między poziomami przedsiębiorstwa (rys. 3.4).



Rys. 3.4. Integracja systemów sterowania przedsiębiorstwa według ANSI/ISA-95

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Johnsson, 2004).

Poziom 0 to fizyczny proces produkcyjny. Stanowi obiekty, na które wpływają elementy wykonawcze poziomu 1. Zmiany w procesie są obserwowane przez sensory. Poziom 2. tworzą systemy sterowania SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition* – systemy informatyczne nadzorujące przebieg procesu technologicznego lub produkcyjnego), PLC/DCS (ang. PLC – *Programmable Logic Controller*, DCS – *Distributed Control System*). Poziomy 1. i 2. odpowiadają warstwie procesowej. W wyższych poziomach do systemów na poziomie 2. są przekazywane plany produkcyjne oraz instrukcje pracy. W odpowiedzi systemy te dostarczają danych, takich jak status realizacji zadań produkcyjnych, alarmy, wartość zmiennych procesowych. Poziom 3. ma integrować informacje ekonomiczne i szczegółowe dane produkcyjne. Na tym poziomie odbywa się operacyjne sterowanie produkcją w celu wypełniania zadań sformułowanych na poziomie 4. MES powinien dostarczać informacji bezpośrednio kadrze zarządzającej oraz wymieniać je z systemami poziomu 4. Przykładowe dane przesyłane do systemu ERP to informacje o stanie produkcji, zużytych komponentach, wydajności linii, a dane pobierane z ERP dotyczą planów produkcyjnych. Do systemów HRM (ang. *Human Resources Management*), czyli systemów przeznaczonych do zarządzania zasobami ludzkimi, powinny trafiać informacje o wydajności pracowników, a z HRM są pobierane dane o umiejętnościach i kwalifikacjach operatorów (Ćwikła i Skołod, 2013).

Rozwój systemów realizacji produkcji jest wspomagany przez organizację MESA International (ang. *Manufacturing Execution Solutions Association*) ([www.mesa.org](http://www.mesa.org)), która określiła jednaście funkcji, jakie powinny być wykonywane przez oprogramowanie MES. Są to (Lenart, 2009):

- zarządzanie wykonywaniem produkcji (ang. *Process Management*),
- zarządzanie wydajnością (ang. *Performance Analysis*),
- śledzenie produkcji i jej genealogia (ang. *Production Tracking and Genealogy, Traceability*),
- zarządzanie jakością (ang. *Quality Management*),

- gromadzenie i akwizycja danych (ang. *Data Collection and Aquisition*),
- zarządzanie obiegiem dokumentów (ang. *Document Control*),
- zarządzanie alokacją zasobów (ang. *Resource Allocation and Status*),
- zarządzanie zasobami ludzkimi (ang. *Labor Management*),
- zarządzanie ruchem (ang. *Maintenance Management*),
- harmonogramowanie produkcji (ang. *Operations/Detailed Scheduling*),
- rozdział zadań produkcyjnych (ang. *Dispatching Production Units*).

Pierwsza funkcja polega na monitorowaniu produkcji i zarządzaniu zachodzącymi w niej zmianami. Dzięki tej funkcjonalności można m.in. zmniejszyć liczbę wybrakowanych produktów lub częstotliwość popełniania błędów przez personel.

Moduł zarządzania wydajnością służy do analizy wydajności linii, maszyn oraz stanowisk. Zbierane są dane o przestojach, efektywności linii i postępie w realizacji zleceń. Generowany jest również raport wskaźników OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*).

Trzecia funkcja służy do śledzenia produkcji, m.in. zużycia surowców, zadań wykonywanych przez konkretnych operatorów, wprowadzonych modyfikacji, które wpływają na jakość produktów. Na ich podstawie można odtworzyć genealogię produkcji.

Funkcja zarządzania jakością umożliwia analizę danych pomiarowych pod kątem odchyleń parametrów wyrobu od zadanych wartości.

Moduł „gromadzenie i akwizycja danych” ma za zadanie zapis informacji produkcyjnych (parametrów procesów i produktów, statusów zleceń) rejestrowanych przez systemy SCADA, DCS, sterowniki PLC i inne do bazy danych. Dane te są prezentowane w postaci raportów.

W ramach zarządzania obiegiem dokumentów sprawdzany jest ich przepływ. Dokumenty te to m.in. instrukcje pracy, schematy, receptury, procedury, programy dla maszyn, harmonogramy.

Funkcja zarządzania alokacją zasobów prezentuje dane o stanie maszyn, zapasów, materiałów. Pozwala sprawdzić, czy dany komponent jest dostępny w wystarczającej ilości, czy są wystarczające zdolności produkcyjne (ang. *Capacity*), aby wytworzyć dany produkt itp.

Funkcja zarządzania zasobami ludzkimi dostarcza informacji o pracownikach, w tym danych o dopuszczeniu ich do wykonywania konkretnych operacji (certyfikatach, kursach) oraz obecnie realizowanych przez nich zadaniach. Na tej podstawie tworzone są różnego rodzaju raporty, np. o kosztach pracy personelu czy wydajności.

Moduł zarządzania ruchem zapewnia wsparcie w zakresie prac naprawczych, konserwacyjnych oraz modernizacyjnych. Dostarcza on informacji m.in. o terminach przeglądów, historii remontów i napraw, wynikach inspekcji oraz obecnym stanie wyposażenia zakładu.

Moduł harmonogramowania produkcji to nic innego jak opracowywanie planów produkcji. Sekwencja czynności jest układana z uwzględnieniem priorytetów zleceń, specyfikacji jednostek produkcyjnych oraz alternatywnych metod wykonania danej czynności.

Ostatnia funkcja, która powinna być wykonywana przez oprogramowanie MES, służy do zarządzania podziałem pracy w ramach realizowanych planów produkcyjnych między poszczególnymi jednostkami zakładu.

Zdecydowana większość systemów klasy ERP jest wyposażona w moduły produkcyjne, które nie posiadają typowych cech oprogramowania potrzebnego na produkcji. Częstość przetwarzania danych w systemach ERP jest stosunkowo niska, a dane są wprowadzane do systemu w sposób ręczny, co jest nieoptymalne i niedostatecznie wiarygodne dla produkcji. We współczesnej produkcji kontrola procesu produkcyjnego staje się kluczowym czynnikiem sukcesu firmy. Systemy zarządzania produkcją MES (ang. *Manufacturing Execution Systems*) pozwalają usprawnić procesy produkcyjne w przedsiębiorstwie. Wypełniają one lukę informacyjną pomiędzy systemami klasy ERP a systemami typu SCADA, opierając się na przetwarzaniu danych z procesu produkcyjnego.

## Bibliografia

- [1] Ćwikła G., Skołod B. (2013), Charakterystyka akwizycji danych z systemów produkcyjnych dla potrzeb zarządzania przedsiębiorstwem. [W:] Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji: innowacyjność, jakość, zarządzanie, pod red. W. Białego, K. Midor, PA NOVA, Gliwice. Dostępne na: [http://wydawnictwo.panova.pl/pliki/Monografie/01\\_Monografia\\_-\\_BM.pdf](http://wydawnictwo.panova.pl/pliki/Monografie/01_Monografia_-_BM.pdf).
- [2] Grobler-Dębska K., Gracel J. (2011), Wspomaganie narzędzi Business Intelligence zintegrowanymi systemami ERP. APS i MES, Kraków.
- [3] IEC 62264-1:2013. Enterprise-control system integration — Part 1: Models and terminology.
- [4] Jaroszewski K. (2014), Systemy MES a optymalizacja produkcji. Dostępne na: <http://automatkaonline.pl/Artykuly/Oprogramowanie/systemy-mes-a-optymalizacja-produkcji> (dostęp: 23.12.2020).
- [5] Johnsson C. (2004), ISA 95 – how and where can it be applied? ISA – The Instrumentation, Systems and Automation Society. Presented at ISA Expo 2004. Dostępne na: [https://www.researchgate.net/publication/281063570\\_ISA\\_95\\_-\\_how\\_and\\_where\\_can\\_it\\_be\\_applied](https://www.researchgate.net/publication/281063570_ISA_95_-_how_and_where_can_it_be_applied) (dostęp: 23.12.2020).
- [6] Klonowski Z. (2004), Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem: modele rozwoju i właściwości funkcjonalne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- [7] Kozioł P., Wielki J. (2016), Implementacja technologii informatycznych do optymalizacji procesów biznesowych opartych na koncepcji lean management. *Przegląd Nauk Stosowanych*, 11, 39-62.
- [8] Krystek J. (2016), Zintegrowany przepływ informacji w systemie produkcyjnym. *Mechanik*, 89(7), 722.
- [9] Lenart A. (2009), System realizacji produkcji jako rozszerzenie systemu ERP. [W:] *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*, t. 2, pod red. R. Knosali, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 107-114.



### 3.5. System klasy PLM (ang. *Product Lifecycle Management*)

(Robert Sitek)

Zarządzanie cyklem życia produktu (ang. *Product Lifecycle Management* – PLM) jest działaniem biznesowym, które odnosi się do zarządzania danymi i procesami wykorzystywanymi w projektowaniu, inżynierii, produkcji, sprzedaży i serwisie produktu w całym cyklu jego życia. Pierwsze zastosowanie PLM miało miejsce w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym. W tych dwóch dziedzinach rozwój nowych produktów potrzebował narzędzia czy też koncepcji do zarządzania współpracą między zasobami. Przykładowo Airbus A380 zawiera ok. 4 mln części, które pochodzą aż od 1500 producentów. Można sobie wyobrazić trudności w wytwarzaniu produktu bez zestawu procesów dla każdego etapu jego produkcji ([www.cgsinc.com](http://www.cgsinc.com)).

Przedsiębiorstwa, które zajmują się produkcją różnorodnych dóbr, doświadczają wielu problemów, wykraczających poza zakres samego projektowania i produkcji. Wykorzystanie systemu klasy PLM łagodzi te problemy oraz pomaga ujednoczyć i zintegrować kluczowe zasoby, szybko udostępniając informacje o produkcie działom w całej organizacji. W dzisiejszych czasach PLM jako metodologia ewoluowała i obejmuje teraz większą część organizacji, w tym obsługę klienta, marketing, sprzedaż, dostawców, a także kanały partnerskie.

Dalej wymieniono najważniejsze fazy cyklu życia produktu (rys. 3.5) (Stark, 2015).

#### 1. Koncepcja produktu

Pierwszą fazą cyklu życia produktu jest koncepcja i pomysł na nowy produkt. Idea, która będzie dotyczyć nowego produktu, w dużej mierze jest zależna od tego, na jaki rynek zostanie wypuszczony dany produkt i jakie problemy będzie musiał rozwiązać na swojej drodze.

#### 2. Zaprojektowanie produktu

Po akceptacji koncepcji nowego produktu należy przejść do kolejnej fazy cyklu życia, którą jest zaprojektowanie produktu. Ta faza składa się z tworzenia makiet, prototypów i testów danego produktu, aby można go było sprzedać konsumentom. W trakcie tego etapu system PLM pozwala na dokonywanie zmian dotyczących konkretnego produktu. Możliwość projektowania w czasie rzeczywistym przez wiele osób jednocześnie pozwala na jak najszybsze ukończenie produktu. Czas ma w tym przypadku ogromne znaczenie, ponieważ według danych statystycznych przedsiębiorstwa wydają nawet 25% swoich dochodów na rozwój nowych produktów ([www.propelplm.com](http://www.propelplm.com)). Idealnym zastosowaniem dla systemu PLM jest zatem globalna chmura, w której inżynierzy mogą wspólnie tworzyć nowy produkt.

#### 3. Produkcja i dystrybucja

Zarządzanie zmianą oraz zarządzanie kosztami to dwie główne funkcjonalności, które daje zaawansowany system klasy PLM. Zarządzanie zmianą konstrukcyjną jest sposobem, w jaki firma radzi sobie ze zmianami, które zachodzą podczas produkcji i użytkowania produktu. Proces zarządzania zmianą obejmuje



rewizje i anulowania, śledzi wszystkie wersje dokumentów oraz sam proces obiegu dokumentów. Z kolei zarządzanie kosztami śledzi koszty związane z narzędziami i komponentami od początkowych etapów rozwoju produktu. Oprogramowanie PLM dostarcza firmie przejrzystości kosztów, która jest kluczowa dla zyskowności i oszczędności kosztów.

#### 4. Wycofanie produktu

Ostatnią fazą w cyklu życia każdego produktu jest podjęcie decyzji o jego wycofaniu z produkcji i zastąpieniu go nowym produktem, który będzie spełniał przyszłe wymagania klientów danego przedsiębiorstwa. Wbrew pozorom podjęcie decyzji o zaprzestaniu produkowania danego wyrobu nie jest łatwą rzeczą, ponieważ ta decyzja niesie ze sobą wiele skutków.



Rys. 3.5. Cykl życia produktu  
Źródło: Opracowanie własne.

Aby uzyskać wszystkie pozytywne korzyści oprogramowania PLM, cała platforma systemu klasy PLM musi się składać z następujących komponentów (Bitzer i Vielhaber, 2011):

##### 1. Udostępnianie danych w globalnej chmurze systemu PLM

Praca w globalnej chmurze i wymiana informacji pomiędzy pracownikami danej firmy są o tyle ważne, że inżynierowie mogą pracować jednocześnie nad jednym problemem w czasie rzeczywistym. Skraca to znacząco czas tworzenia nowego produktu i przyspiesza jego rozwój w fazie projektowania. Platforma PLM umożliwia również otwartą wymianę informacji nie tylko pomiędzy wszystkimi pracownikami danego przedsiębiorstwa, ale także pomiędzy partnerami biznesowymi i klientami danej firmy. Oprogramowanie systemu klasy PLM, które spełnia potrzeby w zakresie udostępniania danych, usprawni wszystkie procesy decyzyjne danego przedsiębiorstwa.

##### 2. Zarządzanie zmianą w systemie PLM

Platforma systemu klasy PLM dostarcza znaczących możliwości zarządzania zmianą i wyzwaniami, które pojawiają się podczas całego cyklu życia produktu. Oprogramowanie PLM umożliwia przedsiębiorstwom sprawne i szybkie śledzenie

zmian w swoich produktach, zmian w różnych wersjach dokumentacji technicznej, a także śledzenie zleceń zmian konkretnych produktów z działów konstrukcyjnych. Ciekawostką może być to, że dzięki wczesnemu zastosowaniu systemu PLM Chrysler w połowie lat dziewięćdziesiątych stał się wytwórcą samochodów, który odnotowywał najniższe koszty, a tym samym stał się najtańszym producentem spośród wszystkich marek motoryzacyjnych na rynku USA (Stark, 2015).

### 3. Zarządzanie projektami w systemie PLM

W przedsiębiorstwach istnieją projekty o różnych rozmiarach i ramach czasowych, od bardzo małych, które można wykonać w krótkim czasie do ogromnych, które wymagają wielkiego nakładu czasu i zaangażowania wielu osób. W takich przypadkach bardzo ważne jest to, aby ludzie zrozumieli, czego się od nich oczekuje i jaką rolę powinni pełnić w trakcie trwania projektu. W tym miejscu z pomocą przychodzi platforma PLM, która wspomaga zarządzanie projektem przez cały cykl życia produktu – od koncepcji, aż do dostarczenia gotowego produktu do klienta. Oprogramowanie klasy PLM dostarcza użytkownikom możliwości śledzenia postępów prac poszczególnych osób i zapewnia dotrzymanie terminów, a także dostępność zasobów w razie potrzeby.

### 4. Integracja systemu PLM z innymi systemami

Integracja platformy PLM z innymi technologiami wykorzystywanymi w przedsiębiorstwie jest najważniejszą cechą, której wymaga się od systemu klasy PLM. Platforma PLM wdrożona do danej firmy powinna zawierać w sobie systemy klasy CAX, m.in.:

- oprogramowanie klasy CAD (ang. *Computer Aided Design*),
- oprogramowanie klasy CAM (ang. *Computer Aided Manufacturing*),
- system klasy ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*),
- system klasy CRM (ang. *Customer Relationship Management*).

Graficznie składniki platformy PLM zaprezentowano na rys. 3.6.



Rys. 3.6. Składniki platformy PLM

Źródło: Opracowanie własne.

Aby osiągnąć jak najlepsze wyniki, wszystkie oprogramowania, które występują w danym przedsiębiorstwie, muszą być ze sobą zintegrowane i muszą współpracować między sobą bez żadnych problemów. Oczywiście integracja różnych systemów jest niezwykle trudna, ponieważ każdy z podsystemów generuje własny typ danych. Z tego powodu wiele firm kupuje oprogramowanie PLM od takich

dostawców, którzy dostarczają gotowe rozwiązania w integracji ze swoimi produktami. Są to w głównej mierze takie firmy, jak Siemens, Dassault Systemes, Autodesk czy Oracle (Stark, 2015). W pełni zintegrowany system klasy PLM daje ogrom korzyści i umożliwia firmom reagowanie z niespotykaną dotąd szybkością.

Korzyści z wdrożenia systemu PLM do firmy produkcyjnej są następujące (Nandakumar, 2020):

- zapewnienie kierownictwu widoczności związanej z tym, co obecnie dzieje się z produktami,
- wgląd w rozwój produktu, jego modyfikacje oraz wycofanie,
- dostęp managerów do właściwych informacji, co pomaga w podejmowaniu lepszych decyzji,
- dostarczenie transparentności dotyczącej cyklu życia każdego produktu.

Podsumowując, można stwierdzić, że system klasy PLM w dużym stopniu wspomaga pracę użytkowników w każdym zakresie. Skraca także czas wprowadzenia nowego produktu na rynek. Warto jednak zaznaczyć, że przedsiębiorstwo, które zdecydowało się na zakup systemu PLM, nie kupuje gotowej aplikacji. System PLM jest jedynie koncepcją i narzędziem informatycznym, które każda firma musi dostosować do swoich własnych i indywidualnych wymagań.

## Bibliografia

- [1] Stark J. (2015), *Product Lifecycle Management*, vol. 1, 21st Century Paradigm for Product Realisation. Geneva, Switzerland.
- [2] Bitzer A., Vielhaber M. (2011), *PLM as a Lever for Innovation*. Saarbrücken, Germany.
- [3] Nandakumar L., Radhakrishnan Hariharan V. (2020), *Product Lifecycle Management pre-study: An investigative case at Industrial Automation, ABB AB*.
- [4] What is PLM and what is it for? (2019), Dostępne na: <https://www.cgsinc.com/blog/what-is-plm-and-what-is-it-for> (dostęp: 18.01.2021).
- [5] What is Product Lifecycle Management? Dostępne na: <https://www.propelplm.com/articles/what-is-product-lifecycle-management> (dostęp: 18.01.2021).

## 3.6. Systemy klasy CAD (Aneta Żurek)

Projektowanie wspomagane komputerowo CAD (ang. *Computer Aided Design*) ma zastosowanie w inżynierii budowlanej, elektrycznej oraz mechanicznej, wykorzystując narzędzia i techniki wspomagające prace z zakresu projektowania, modelowania geometrycznego oraz tworzenia i opracowywania dokumentacji projektowej (Nowakowski, 2006). Systemy CAD można podzielić na systemy 2D, które są oprogramowaniem zastępującym ręczne rysowanie, oraz bardziej zaawansowane systemy 3D, pozwalające na modelowanie złożonych brył w przestrzeni.

Do głównych zadań systemu CAD należą: odpowiednie opracowanie dokumentacji projektowej, opierającej się na stworzonym modelu trójwymiarowym oraz przygotowanie stosownej prezentacji tworzonych obiektów w celu jego demonstracji potencjalnym odbiorcom (Nowakowski, 2006).



Do najważniejszych zalet systemu CAD należy zaliczyć (Kaim, 2020):

- poprawę jakości produktu,
- zmniejszenie kosztów projektu,
- uzyskanie cyfrowego prototypu,
- eliminację liczby błędów w projektowaniu i produkcji,
- zwiększenie efektywności projektowania,
- wzrost wydajności konstruktora,
- usprawnienie zarządzania dokumentacją projektową.

Pierwsze prace teoretyczne z zakresu geometrii pojawiły się ok. 350 r. p.n.e. – w postaci twierdzenia Euklidesa z Aleksandrii. W jego dziele zawarte jest połączenie ówczesnej wiedzy matematycznej. W XV wieku Leon Batista Alberti odniósł się do tego dzieła, pisząc dwie obszernie prace, w których udawdniał konieczność stosowania w większym zakresie geometrii euklidesowej przy opracowywaniu projektów. Kolejnym był Franz Reuleaux, który jako pierwszy na świecie użył symboliki do odwzorowania maszyn. W latach pięćdziesiątych nie istniał jeszcze komercyjny system graficzny. Coraz więcej przedsiębiorstw wytwarzających elektroniczne maszyny liczące i tworzących dla nich oprogramowanie zaczęło widzieć konieczność opracowania takich systemów, ponieważ właśnie tam dopatrywano się możliwości zwiększenia wydajności pracy inżynierów konstruktorów. Również sami użytkownicy ówczesnych maszyn rozpoczęli prace nad własnymi rozwiązaniami programowymi. W 1963 roku Ivan Sutherland przedstawił pracę doktorską na temat systemu projektant-komputer. Opracował on system Sketchpad, w którym możliwe było przetwarzanie dwuwymiarowych informacji graficznych. Jako początek rozwoju komputerowego wspomaganie projektowania uznaje się nowatorski sposób wykorzystania pióra świetlnego jako narzędzia do wprowadzania danych bezpośrednio na ekran monitora (Stanisławski, 2009b).

Następnie w latach siedemdziesiątych XX w. pojawiły się nowe tendencje w rozwoju projektowania, takie jak: rozpowszechnienie tanich mikrokomputerów, znaczne obniżenie cen monitorów graficznych, wprowadzenie metod programowania strukturalnego, koncepcja pamięci wirtualnej. Najpopularniejszym programem 2D był wówczas CADAM (ang. *Computer Aided Drafting and Manufacturing*) (Winkler, 1997). W 1975 roku francuska firma lotnicza Avions Marcel Dassault nabyła kod źródłowy do CADAM i na jego podstawie w 1977 r. zaprezentowała pierwsze oprogramowanie 3D – CATIA (ang. *Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*). Z kolei pierwszym programem wykorzystującym modelowanie za pomocą brył został SynthaVision, który ukazał się w 1972 r. (Nowakowski, 2006). Służył on do przeprowadzania w przestrzeni 3D analiz związanych z promieniowaniem radioaktywnym. Na rynku konkurowały ze sobą m.in.: Auto-Draft (opracowany przez Auto-trol), Calma, CADDs, CADAM (przejęty od Lockheeda przez IBM), IGDS (M&S Computing) i Unigraphics (firmowany przez McAuto's, które w 1976 r. wchłonęło firmę United Computing) (Stanisławski, 2009b). W 1980 roku na rynek został wprowadzony pierwszy mini-komputer, który nie potrzebował specjalnych agregatów chłodzących ani urządzeń

zasilających. Ustanowił on nowy standard stosunku jakości i możliwości do ceny. Następnie firma M&S Computing zmieniła nazwę na Intergraph w 1980 r. i po-myślnie wprowadziła na rynek nowy system CAD – IPO, a następnie InterAct w 1983 r., który został opracowany pod kątem wykorzystania właśnie minikomputerów. Odniesiony sukces zmusił pozostałe firmy do poszukiwania lepszych rozwiązań (Stanisławski, 2009b).

Na początku lat osiemdziesiątych amerykańska firma Autodesk zaproponowała sposób wykorzystania komputera PC (ang. *Personal Computer*) do wspomagania kreślenia rysunków. Umożliwił on ich zapisanie w formacie DWG, następnie wydrukowanie lub zgranie na dyskietkę. Dzięki rozwojowi i upowszechnieniu się systemów CAD nastąpił szybki przyrost dokumentacji rysunkowej w postaci elektronicznej oraz wielu innych dokumentów z nią związanych (opisy techniczne, technologiczne, arkusze kalkulacyjne zestawień materiałowych itd.). Już w połowie lat osiemdziesiątych kilka firm zaczęło się specjalizować w opracowywaniu oprogramowania pozwalającego na kontrolę oraz zarządzanie obiegiem tego typu dokumentów. Z początkiem lat dziewięćdziesiątych liczba dostawców oprogramowania PDM (ang. *Product Data Management*) gwałtownie wzrosła, tym bardziej że byli wśród nich dotychczasowi producenci systemów CAD. EDS/Unigraphics wprowadził swój pierwszy program klasy PDM – InfoManager – w 1991 r. W 1995 roku na rynek wkroczył SolidWorks, reklamując swój system 3D jako „dający 80% możliwości Pro/E za 20% jego ceny”. Był on przeznaczony na platformę PC i przystosowany do systemu Windows.

W 1996 roku odbyła się premiera oprogramowania 3D podobnego do SolidWorks i także opracowanego od podstaw na platformę Windows. Był to Solid Edge dla Autodesk. Oznaczało to, że użytkownicy tego systemu 2D, decydując się na podjęcie pracy w 3D, przejdą do konkurencji. A stanowiły ją nie tylko SolidWorks i SolidEdge, ale również oprogramowanie Bentley Systems i wiele innych. W 1999 roku Autodesk zaprezentował swój pierwszy system, który opierał się na jądrze systemowym innym niż AutoCAD: mianowicie na Inventorze bazującym na kernelu ACIS od Spatial Technology. Rok po roku ich możliwości stopniowo się zwiększały, ale bez przełomowych zmian w technologii. Uwaga producentów skupiła się na otocze systemów CAD – narzędziach do zarządzania projektami (nie tylko dokumentacją), a także na możliwościach z zakresu wizualizacji (Stanisławski, 2009a).

Systemy CAD można podzielić ze względu na rodzaj i zakres zadań inżynierskich, które wspomagają, jak również ze względu na wymagania odnośnie do sprzętu i systemów operacyjnych (Winkler, 1997). Na polskim rynku najbardziej znanymi i popularnymi są systemy CAD, takie jak (Nowakowski, 2006):

- AutoCAD,
- SolidWorks,
- Autodesk Inventor,
- CATIA,
- Solid Edge,
- I-DEAS,



- Unigraphics,
- Google SketchUp.

Ceny systemów są zróżnicowane, zależne od wymaganych przez klienta modułów oraz liczby licencji. Ze względu na to w przedsiębiorstwach są stosowane serwery licencji, które przydzielają licencje użytkownikom. Dzięki temu możliwe jest zmniejszenie liczby licencji koniecznych do zakupienia, a niezbędnych do funkcjonowania przedsiębiorstwa. W takim przypadku licencja jest wykorzystywana tylko w chwili użytkowania programu przez daną osobę, co za tym idzie – nie jest wymagane posiadanie licencji na każdym stanowisku. Wiąże się to jednak z brakiem możliwości korzystania z programu, jeżeli liczba użytkowników przewyższy liczbę licencji.

Typowe pakiety CAD składają się z kilku modułów (programów). Zazwyczaj są to osobne jednostki programowe, widziane przez system operacyjny komputera jako niezależne pliki. Wirtualny model produktu można tworzyć w modułach, które wykorzystują (Winkler, 1997):

- modelowanie bryłowe – gdzie model opiera się na szkicach wykonanych na płaszczyznach. Bryły są tworzone przez wyciągnięcie narysowanego i zwymiarowanego na szkicu kształtu na zadaną wysokość. Bryły można także tworzyć przez wykonanie szkicu przekroju i obrócenie go wokół zadanej osi. Kolejnymi krokami są: wykonanie kolejnych brył i dodanie lub odjęcie ich od już istniejącej bryły. Modelowania bryłowego używa się głównie do wykonywania modeli o regularnych kształtach. Przykładami takich brył są elementy silnika spalinowego i koła zębate,
- modelowanie powierzchniowe – jest to rodzaj modelowania wykorzystywany do tworzenia kształtów nieregularnych. Za pomocą takiego modelowania są tworzone np. karoserie samochodowe, plastikowe przedmioty codziennego użytku, sprzęty AGD o złożonym kształcie. Tworzenie modelu zaczyna się od krzywych w przestrzeni. Pierwsze krzywe często opierają się na wizjach artystycznych stworzonych przez stylistów. Na bazie krzywych tworzy się powierzchnie, które powinny się pokrywać z zamierzonym kształtem przedmiotu. Przy użyciu powierzchni bryłę można stworzyć lub zmodyfikować. Pierwszym sposobem jest stworzenie odpowiedniego układu powierzchni, które tworzą przestrzeń zamkniętą. Program stworzy bryłę o kształcie odpowiadającym przestrzeni zamkniętej pomiędzy powierzchniami. Drugim sposobem jest przycięcie istniejącej już bryły, wykonanej wcześniej dowolną metodą, powierzchnią, która przecina bryłę. Trzecim sposobem jest stworzenie bryły przez „nadanie grubości” powierzchni.

Częste jest wykorzystywanie obydwu technik podczas tworzenia jednego modelu.

Komputerowe wspomaganie projektowania pozwala na pracę w kilku trybach, np. (Kaim, 2020):

- modelowanie szkieletowe – z widocznymi liniami i łukami zarysów opracowanych obiektów,

- kreślenie 2D – wykorzystywanie płaskich elementów geometrycznych, takich jak punkty, linie, krzywe, kształty i inne. W tym przypadku tworzona jest dokumentacja techniczna opisująca szczegółowo dowolny element w formie grafiki wektorowej,
- modelowanie powierzchniowe – tworzenie przez łączenie powierzchni 3D opisujących geometrię modelu,
- modelowanie bezpośrednie – możliwość zmiany geometrii bez konieczności posiadania drzewa historii,
- modelowanie bryłowe 3D – dodatkowe właściwości modeli bryłowych (m.in. ciężar, objętość, gęstość), zastosowanie ich jako cyfrowych prototypów do badań projektów inżynierskich, np. MES (ang. *Manufacturing Execution System*). Modele bryłowe pozwalają tworzyć adaptacyjne zespoły i części, wykorzystując parametryczność. W takim przypadku program pozwala wykonać animacje i symulacje oraz przeprowadzać analizę kinematyczną. Możliwa jest również praca w trybie pojedynczego pliku i w trybie współdzielonym, w którym zespół konstruktorów obserwuje zmiany wprowadzane przez innych członków zespołu.

Programy CAD stale się rozwijają i zmieniają, poszerzając możliwe zastosowania. Dzięki nim poprawia się jakość pracy, produktów i usług. Systemy pomagają również projektantom i inżynierom znaleźć optymalną postać konstrukcyjną docelowych obiektów. Oprogramowanie CAD służy także lekarzom, naukowcom i specjalistom z wielu dziedzin, dlatego autorzy tych narzędzi rozszerzają zakres możliwości systemów i ulepszają ich funkcjonalność.

Współczesne projektowanie, np. układów biegowych, jest wspierane programami CAD na każdym z etapów projektowania. Podczas etapu pierwszego programy pozwalają na wykonanie (Antkowiak, 2020):

- wstępnych założeń konstrukcyjnych bez potrzeby trójwymiarowego modelowania,
- analiz kinematycznych celem oszacowania możliwości spełnienia wymagań przyjętych na początku oraz wykrycia potencjalnych kolizji,
- weryfikacji zabudowy dostarczanych elementów.

Przykłady te wskazują, w jaki sposób korzystanie z programów do projektowania 2D pozwala na skrócenie czasu tworzenia projektu. Aby przejść do kolejnego etapu projektowania, konieczne jest zaakceptowanie wszystkich krytycznych elementów układu biegowego. W tym przypadku będą to: kształt konstrukcji ramy, układ napędowy, sposób przeniesienia siły pociągowej oraz maźnicowanie i prowadzenie zestawu kołowego. Podczas etapu drugiego należy wykonać analizy numeryczne dla: ramy wózka, maźnicy, zestawu kołowego, pozwalające na weryfikację przyjętych rozwiązań. Kolejnym krokiem jest opracowanie modelu obliczeniowego dla danego obiektu. W modelu tym uwzględnia się wszystkie elementy mające wpływ na pracę układu nośnego oraz poprawne modelowanie wprowadzenia i odebrania analizowanych obciążeń.

Po przeanalizowaniu przyjętych stanów obciążeń oraz weryfikacji kryteriów zostaje sporządzony raport umożliwiający zamknięcie etapu projektowania.



Następnie w etapie III są wykonywane zmiany mające charakter optymalizacji procesu produkcji. Na tym etapie dokonuje się zmian w dokumentacji dotyczącej materiałów bazowych, części spawanych, obróbki wykańczającej.

Komputerowo wspomagane projektowanie wykorzystuje metody naukowe do analizy struktury systemów technicznych i ich relacji z otoczeniem. Metodologia projektowania to konkretny sposób działania w zakresie projektowania systemów technicznych, który czerpie wiedzę z nauk o projektowaniu i psychologii poznawczej, a także z praktycznego doświadczenia w różnych dziedzinach. Przeznaczenie produktów i procesów ma zasadnicze znaczenie dla systemów produkcyjnych. Na przykład niektóre typowe czynności projektowania produktu to: projekt funkcjonalny w celu określenia modułów i cech funkcjonalnych oraz ich relacji, projekt parametryczny w celu określenia geometrii i wymiarów części, analiza tolerancji wymiarowania geometrycznego i tolerancji w celu określenia jakości, położenia i kształtu wszystkich części oraz projekt zespołu w celu określenia relacji montażowych części i komponentów (Bi i Wang, 2020).

## Bibliografia

- [1] Antkowiak T., Kruś M. (2020), Współczesne metody projektowania układów biegowych pojazdów szynowych z wykorzystaniem CAD, CAM. *Problemy Kolejnictwa*, z. 187. Dostępne na: [https://www.problemykolejnictwa.pl/images/PDF/187\\_1.pdf](https://www.problemykolejnictwa.pl/images/PDF/187_1.pdf) (dostęp: 24.01.2021).
- [2] Bi Z., Wang X. (2020), *Computer aided design and manufacturing*. John Wiley & Sons.
- [3] Kaim J. (2020), Systemy CAD od techniki rastrowej po chmurę AI i VR. Dostępne na: <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/systemy-cad-od-techniki-rastrowej-po-chmure-ai-i-vr/> (dostęp: 14.02.2021).
- [4] Nowakowski P. (2006), *Wybrane techniki komputerowe w projektowaniu i wytwarzaniu*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [5] Stanisławski M. (2009a), CAD w obliczu kryzysu, czyli „boso, ale w ostrogach”. *Internetowe czasopismo użytkowników CAD/CAM/CAE CADblog.pl*, nr 0(0), s. 10-12. Dostępne na: <https://docplayer.pl/10545816-Temat-numeru-cad-w-obliczu-kryzysu-historia-systemow-cad-sww-2009-z-kart-historii-polskiej-mysli-technicznej.html> (dostęp: 14.02.2021).
- [6] Stanisławski M. (2009b), Komputerowe wspomaganie projektowania i analiz. *CADraport.pl*. Wydanie specjalne internetowego czasopisma użytkowników CAD/CAM/CAE *CADblog.pl*, nr 7(08), s. 71-85. Dostępne na: [http://www.cadblog.pl/archiwum/CADblogpl\\_7\(8\)2009\\_HQ.pdf](http://www.cadblog.pl/archiwum/CADblogpl_7(8)2009_HQ.pdf) (dostęp: 14.02.2021).
- [7] Winkler T. (1997), *Komputerowy zapis konstrukcji*. WNT, Warszawa.

## 3.7. Systemy klasy CAM (Krzysztof Walawender)

CAM (ang. *Computer Aided Manufacturing*), czyli komputerowe wspomaganie wytwarzania, to zastosowanie oprogramowania komputerowego, którego zadaniem jest integracja systemów projektowania i wytwarzania. Zadaniem systemów CAM jest wygenerowanie programu obróbkowego opierającego się na stworzonych modelach CAD. Program po przesłaniu do maszyny obróbkowej (głównie obrabiarki sterowane numerycznie, np. tokarki, frezarki, lasery) umożliwi wytworzenie

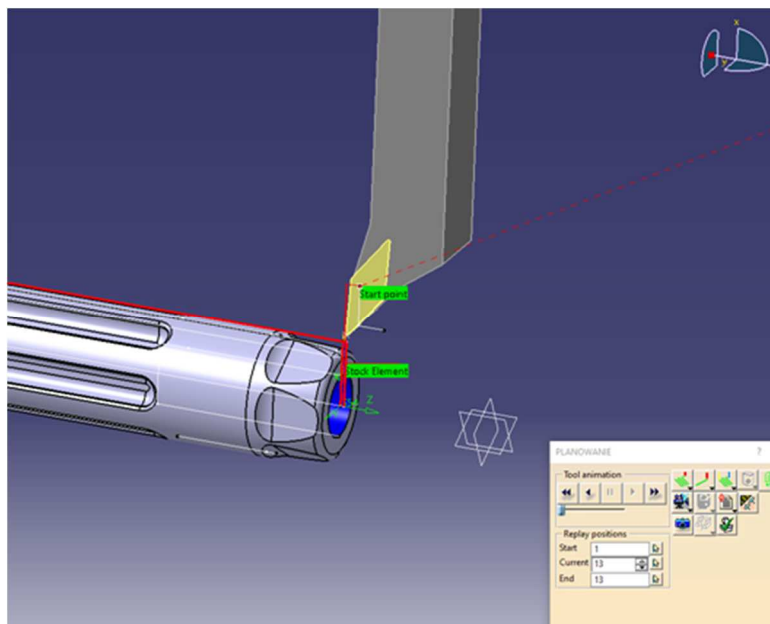


zenie projektowanej części z elementu wsadowego stanowiącego półfabrykat (Chwesiuk, 2013).

Systemy CAM posiadają wiele modułów i opcji, które mogą zostać dodane i skonfigurowane pod indywidualne potrzeby danego przedsiębiorstwa. Zapewniają one wyższą produktywność, poprawę jakości wytwarzanych części, wspomagają także działania logistyczne. Zaletą tego typu oprogramowania jest możliwość wykonania symulacji utworzonego procesu.

Cyfrowy obiekt, który jest planowany do wykonania, może być utworzony wewnątrz systemu CAM lub zaimportowany z systemu klasy CAD. Obecnie każde oprogramowanie CAM radzi sobie zarówno z prostymi rysunkami 2D, jak i modelami bryłowymi 3D. W obu przypadkach na podstawie geometrii generowana jest ścieżka narzędzia dla maszyn obróbczych.

Ręczne pisanie programów na maszyny obróbcze miało sens w przypadku urządzeń pracujących w dwóch, maksymalnie trzech osiach. W przypadku maszyn z czterema osiami sterowanymi lub obrabiarkami 5-osiowymi, oprogramowanie CAM jest właściwie niezbędne, by wykorzystać potencjał drzemiący w tych maszynach (rys. 3.7). Konieczne są także informacje na temat umiejscowienia obiektu obrabianego w przestrzeni roboczej obrabiarki, położenia narzędzia i całej jego geometrii. Oprócz modelu gotowego wyrobu należy również nałożyć na niego model półfabrykatu lub narysować go już z poziomu CAM. Wiele współczesnych programów ułatwia to, dodając odpowiednie opcje pozwalające na utworzenie prostych geometrii odkuwki w paru kliknięciach myszą (Habrat, 2015).



Rys. 3.7. Przykład wizualizacji z systemu CAM – CATIA

Źródło: Opracowanie własne.

Przed uruchomieniem obróbki na maszynie utworzony proces z systemu CAM należy przegenerować przez postprocesor tłumaczący neutralny kod programu na język sterownika NC (tzw. G-kod) dla konkretnej maszyny z danym sterowaniem. Niektóre programy oferują wbudowaną opcję generowania postprocesorów. Jeśli takiej opcji dostawca oprogramowania nie oferuje, postprocesor należy dokupić jako oddzielne narzędzie.

Symulacja wykonanego procesu technologicznego ma bardzo istotne znaczenie, gdyż użytkownik może prześledzić cały proces obróbki na monitorze i sprawdzić, czy przypadkiem nie wystąpi kolizja narzędzia z obrabianym wyrobem lub wyposażeniem maszyny. Jeśli wszystko jest w porządku, należy jedynie wydać polecenie automatycznego wygenerowania kodu sterującego dla danej obrabiarki. Mimo upływu lat i coraz większego doświadczenia nawet bardzo wprawiony operator jest nadal tylko człowiekiem, który może się pomylić. Co ciekawe, błędy zazwyczaj ujawniają się w najprostszych elementach pracy, podczas gdy skomplikowane czynności, które wykonuje się z większą koncentracją, są realizowane bezbłędnie. Wizualizacja przygotowana w systemach klasy CAM pozwala zneutralizować znalezione błędy człowieka. Jest to bezkosztowe rozwiązanie (brak uszkodzonych czy błędnie wykonanych produktów) ograniczające wady wyrobów końcowych, a także zabezpieczające maszyny i narzędzia skrawające przed uszkodzeniem, np. w wyniku kolizji.

Warto zaznaczyć, że w przypadku posiadania bogatego parku maszynowego proces utworzony dla jednej maszyny, z drobnymi korektami i przy użyciu innego postprocesora oraz przy niskim nakładzie pracy może zostać wykorzystany do wygenerowania programu na inną maszynę. W przypadku pisania programów ręcznie, często operacja taka wymagałaby pisania programu właściwie od początku, przez różnice w sterowaniu NC pomiędzy poszczególnymi maszynami.

Przy maszynach wieloosiowych istotnym czynnikiem jest zaplanowanie ścieżek obróbki, w tym wstępne pozycjonowanie osi obrotowej, mające na celu m.in. zapobieganie powstawaniu skaz na uzyskanej powierzchni przedmiotu obrabianego. Jak wynika z doświadczeń autora, dzięki najnowszym algorytmom, przy generowaniu ścieżki narzędzia oraz innowacyjnych strategiach obróbki współczesne programy CAM pozwalają na skrócenie czasu obróbki wyrobu o ponad 40% w stosunku do systemów poprzednich generacji. Dodatkowym atutem jest poprawa jakości uzyskanej powierzchni (Stanisławski, 2014).

Do zalet systemu CAM można zaliczyć (Morek, 2015):

- zwiększenie produktywności,
- szybszy, dokładniejszy i łatwiejszy proces programowania,
- automatyzacja pracy,
- zdefiniowany plan produkcyjny,
- lepsze wykorzystanie potencjału maszyn CNC, np. HSM (ang. *High Speed Machining*), 5 osi,
- łatwość wprowadzania zmian,
- lepsza kontrola procesu produkcyjnego,

- minimalizacja błędów i problemów,
- możliwość integracji z innymi systemami CAx (np. PLM – ang. *Product Life Management*),
- możliwość pracy w systemie DNC.

Do wad systemu CAM można zaliczyć (Chwesiuk, 2013):

- stosunkowo wysokie koszty oprogramowania (szczególnie dla mniejszych przedsiębiorstw),
- dodatkowo koszty związane ze szkoleniami pracowników obsługujących oprogramowanie,
- koszty sprzętu komputerowego, który poradzi sobie z obsługą całego systemu CAM,
- w przypadku bardzo prostych operacji tokarskich i jednocześnie niektórych bardziej rozbudowanych programów CAM proces programowania może trwać dłużej od napisania go na maszynie.

Komputerowe wspomaganie wytwarzania CAM odgrywa kluczową rolę w działalności produkcyjnej. Bez udziału tych systemów trudno wyobrazić sobie dzisiejsze hale z produkcją na maszynach sterowanych numerycznie. Programowanie obróbki bardziej skomplikowanych elementów, takich jak przykładowo formy wtryskowe, które zawierają powierzchnie swobodne, jest zwykle niemożliwe do realizacji bez odpowiedniego oprogramowania.

## Bibliografia

- [1] Chwesiuk K. (2013), Zintegrowany system informatyczny zarządzania w logistyce. Akademia Morska w Szczecinie, Szczecin.
- [2] Habrat W. (2015), Obsługa i programowanie obrabiarek CNC. Podręcznik operatora. Wydawnictwo KaBe, Krosno.
- [3] Morek R. (2015), CAx – wprowadzenie, Dostępne na: <https://proces technologiczny.com.pl/cax-wprowadzenie/> (dostęp: 31.12.2020).
- [4] Stanisławski M. (2014), Współczesne systemy CAM. Dostępne na: [www.cadblog.pl/CADblog\\_wszystko\\_o\\_CAM\\_2012.htm](http://www.cadblog.pl/CADblog_wszystko_o_CAM_2012.htm) (dostęp: 04.01.2021).

### 3.8. Symulacje pracy linii produkcyjnych (Sylwia Młynarczyk)

Symulacja pracy linii produkcyjnych jest niezwykle pomocna przed ich rzeczywistym uruchomieniem, wprowadzeniem nowych technologii czy w optymalizacji aktualnych procesów produkcyjnych. Proces produkcyjny to bardzo skomplikowany proces, obejmujący wszystkie etapy wytwarzania i obróbki produkowanego wyrobu. Zawiera również procesy technologiczne i dodatkowe, związane z alternatywnymi operacjami nadającymi wyrobowi konkretne, wymagane cechy. Ponieważ jakość wyrobu wpływa bezpośrednio na jego cenę, priorytetem jest przemyślane zaprojektowanie procesu produkcyjnego (Ciszak, 2007). Przedsiębiorstwa z jednej strony muszą nieustannie dostosowywać się do dynamicznie zmieniających się warunków oraz specyficznych wymagań klienta, a z drugiej strony muszą optymalizować procesy, by produkcja była opłacalna. Kluczem do tego jest



posiadanie doświadczonej i odpowiednio wykwalifikowanej kadry pracowniczej oraz przemyślane wykorzystanie potencjału procesów produkcyjnych. Chcąc uzyskać jak najlepsze efekty produkcyjne, osoby decyzyjne (np. dyrektorzy, managerowie, kierownicy produkcji) korzystają ze wsparcia, jakim jest symulacja pracy linii produkcyjnej (Stadnicka i Mach, 2011). Rozpoczynają oni działania od szerokiej analizy systemu oraz określają plan optymalizacji. Rozpoznawane są wówczas potencjalne problemy, w rozwiązaniu których nie wystarczą wieloletnie doświadczenia pracowników czy intuicja, racjonalne myślenie czy wewnętrzne obliczenia. W tej sytuacji osoby odpowiedzialne za podejmowanie decyzji korzystają z metod pomagających analizować i oceniać procesy, które są znane jako systemy wspomagania decyzji. Ich głównym zadaniem jest zmniejszenie ryzyka wystąpienia niepowodzeń przy wprowadzaniu znaczących zmian do aktualnych systemów produkcyjnych.

Symulacja to cyfrowe odwzorowanie istniejących już zdarzeń, zjawisk lub procesów w celu zdefiniowania ich cech charakterystycznych, a także zbadania potrzeby wprowadzenia ewentualnych zmian, wizualizacji wpływu omawianych zmian na proces produkcyjny i oszacowanie skutków tych zmian. Obecnie korzystanie z tej metody jest najskuteczniejszym i popularnym narzędziem, z którego korzystają managerowie z różnych branż. Symulacja pozwala na analizowanie różnych możliwych scenariuszy procesu – od podstawowych założeń, aż po działania nietestowane, eksperymentalne, bez ingerowania w rzeczywisty przebieg procesu. Otrzymane warianty pozwalają dokładnie oszacować ryzyko i szanse nowych rozwiązań, mogą także wskazać kierunek szkoleń dla pracowników. Przewidywanie różnego rodzaju problemów produkcyjnych pozwala przygotować szybsze działania naprawcze lub przez szkolenie pracowników w danym obszarze – znacząco je zredukować (Litwin i Szymusik, 2020). Symulacja pozwala na (Janisz i in., 2017):

- analizowanie zależności wewnątrzsystemowych,
- wskazanie zmiennych w systemie lub procesie,
- analizę badanych zależności w czasie,
- uzyskanie oszczędności czasu i zasobów,
- łatwą interpretację otrzymanych wyników,
- modelowanie procesów wieloparametrycznych,
- doskonalenie aktualnych systemów.

Rodzaje działalności, które najczęściej korzystają ze stosowania symulacji, to elektronika, biura inżynierskie, biura doradcze, budowa maszyn, przetwórstwo metali, produkcja oprogramowania, branża motoryzacyjna (Chlebus i in., 2002).

Korzystanie z symulacji pracy linii produkcyjnych najczęściej rozwiązuje takie problemy, jak (Chlebus i in. 2002):

- błędne zaprojektowanie layoutu linii produkcyjnych,
- wysokie koszty transportu wewnętrznego firmy,
- marnotrawstwo produktów i komponentów.

Przedsiębiorstwa produkują przeróżne wyroby, więc każdy zakład ma swoje własne procesy, opracowane zgodnie z przyjętymi standardami. Warunkiem zoptymalizowania procesu jest przemyślane zaprojektowanie layoutu linii produk-

cyjnych. Aby tego dokonać, również należy skorzystać z symulacji. Do przygotowania takiej indywidualnej symulacji potrzeba wielu danych, dotyczących m.in.: wytwarzanych lub planowanych do produkcji wyrobów, zasobów produkcyjnych, struktury procesów technologicznych, wielkości i częstotliwości dostaw, wpływów części z linii do kooperanta. Biorąc pod uwagę wielokryterialne wspomaganie decyzji, często uwzględnia się kilka przeciwstawnych punktów widzenia, np. cena a czas dostawy lub satysfakcja klienta a poziom zapasów (Nowak, 2008). Metody badań operacyjnych zmierzają do uzyskania rozwiązania optymalnego i obiektywnie najlepszego. Rozwiązania równocześnie najlepsze ze wszystkich punktów widzenia nie istnieją, możliwy jest jednak kompromis. Zadanie decyzyjne rzadko posiada rozwiązanie idealne. Zwykle takie rozwiązanie znajduje się poza obszarem dopuszczalnym wyznaczonym przez ograniczenia.

W większości wypadków w modelach wielokryterialnych należy się więc zadowolić wyznaczeniem rozwiązania niezdominowanego, tzn. takiego, dla którego nie ma rozwiązań dopuszczalnych o wartościach wszystkich kryteriów bardziej zbliżonych do rozwiązania idealnego, czyli jest ono w obszarze dopuszczalnym optymalne pod kątem choćby jednego kryterium (Nowak, 2008).

Kierownicy, managerowie czy dyrektorzy, którzy analizują różne możliwe scenariusze pracy linii produkcyjnej – idąc na kompromis – muszą się również opierać na swoim doświadczeniu, wiedzy zdobytej w czasie pracy oraz wziąć pod uwagę różne szczegóły w pracy codziennej, które inni mogli pominąć.

Na rynku dostępne jest różne oprogramowanie, które może być wykorzystywane w symulacji, np.:

- NX Line Designer – zapewnia zintegrowane rozwiązanie do projektowania systemów produkcyjnych. Obsługiwany jest cały przepływ pracy – od projektu produktu i linii, po uruchomienie. Układ Line Designer można wykorzystać do walidacji procesu produkcyjnego za pomocą Tecnomatix Process Simulate, w tym do walidacji programu PLC w środowisku wirtualnym przed użyciem na rzeczywistym sprzęcie. Umożliwia wydajną pracę z komponentami produkcyjnymi i łatwe dostosowywanie zmian,
- FlexSim – oprogramowanie pozwalające na odwzorowanie i optymalizację zaawansowanych procesów zachodzących w danej branży. Rozwiązania sugerowane przez program najczęściej wspierają obszary produkcji, logistyki i usług. FlexSim jest intuicyjny i łatwy w użyciu. Posiada rozbudowaną bibliotekę obiektów 3D, dzięki czemu możliwe jest dokładne odwzorowanie linii produkcyjnej, hali magazynowej itp.

Podsumowując, można stwierdzić, że symulacja pracy linii produkcyjnych jest narzędziem niezwykle pomocnym w optymalnym planowaniu produkcji, budowie linii produkcyjnych i wielu innych obszarów przedsiębiorstw. Pozwala w podejmowaniu ważnych, często ryzykownych decyzji, bez faktycznej ingerencji w aktualną pracę firmy. Na rynku jest wiele ofert programów do symulacji dopasowanych do wymagań i firmy. Dzięki tej możliwości managerowie mogą podejmować trafniejsze decyzje, opierając się na prawdopodobnych scenariuszach, a co za tym idzie – istnieje mniejsze ryzyko niepowodzenia, bez realnych strat.



## Bibliografia

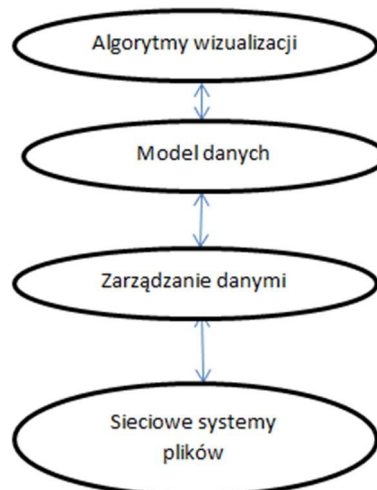
- [1] Ciszak O.L.A.F. (2007), Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, 6, 39-45.
- [2] Chlebus E., Chlebus T., Kowalski A., Polkowski M. (2002), Analiza przepływu materiału, marszrut transportowych oraz występowania wąskich gardeł na drogach transportowych w nowej fabryce BOSCH. Raport Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji, seria Sprawozdania, nr 4, Wrocław.
- [3] Janisz K., Mikulec A., Górka K. (2017), Symulacja procesu technologicznego w aspekcie jego logistyki i wydajności. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18, 6, 1394-1399, CD.
- [4] Litwin J., Szymusik A. (2020), Kształcenie inżynierów na potrzeby Przemysłu 4.0: wykorzystanie symulacji w inżynierii przemysłowej. Edukacja w XXI wieku – teoria i metody badawcze, 124.
- [5] Nowak M. (2018), Interaktywne wielokryterialne wspomaganie decyzji w warunkach ryzyka. Metody i zastosowania. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- [6] Stadnicka D., Mach A. (2011), Symulacja pracy linii produkcyjnej na przykładzie praktycznym. Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 14(2), 57-71.

### 3.9. Przetwarzanie dużych zbiorów danych (*Dominik Wicek*)

Ciągle ulepszanie technologii, niewystarczające umiejętności oraz nieustanne modernizowanie współpracy w poszczególnych działach IT firm powoli stają się nową rzeczywistością. Wykorzystanie dużych zbiorów danych nie jest prostym zadaniem, lecz wprowadzenie tych rozwiązań ma swoje uzasadnienia biznesowe. Wiele osób podchodzi do tematu dość sceptycznie po rozczarowaniu się ekonomicznymi obietnicami dużych zbiorów danych, jednak organizacje nie rezygnują. Przykładem może być przeprowadzone przez firmę Intel w 2013 r. badanie wśród 200 amerykańskich managerów IT. Badanie pokazało, że ponad połowa badanych już wdrożyła lub obecnie wdraża oprogramowanie, takie jak np. Apache Hadoop. Dostawcy tego rodzaju oprogramowania ciągle poszerzają swoją ofertę o platformy i rozwiązania, które są oparte na innowacyjnych technologiach i mogą zostać wdrożone w przedsiębiorstwach (Racka, 2016).

Znaczącą wartością w analizie dużych zbiorów danych są informacje, które mają wpływ na odkrywanie przez organizacje nowych wzorców, wyszukiwanie znaczenia, podejmowanie decyzji w odpowiedzi na zmieniającą się sytuację zewnętrzną. Z czasem organizacje opracują nowe sposoby dostępu do cennej informacji przez wprowadzenie nowego podejścia do dużych zbiorów danych, którego w danym momencie nie można było wdrożyć. Czynnikiem, który wpływa na rozwój w dziedzinie analizy dużych zbiorów danych może być Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things – IoT*). Urządzenia połączone z Internetem łączą się w sieci, tworząc tzw. „chmurę”. Dzięki tej możliwości wytworzone dane będzie można wykorzystać do analizy korelacji między zdarzeniami, rozwiązywania nowych problemów społecznych i biznesowych (Siemens, 2019; Schutt i O’Neil, 2014).

W przypadku dużych, zróżnicowanych i szybko generowanych zbiorów danych tradycyjne narzędzia nie działają zbyt wydajnie. Aby wykorzystać pełen potencjał takich danych, należy znaleźć nową metodę do ich wyłapywania, gromadzenia i analizowania. Udoskonalone serwery i rozwiązania do skalowalnej analizy w pamięci operacyjnej pozwalają na optymalizację mocy komputerowej, niezawodności, skalowania i kosztów w przypadku bardziej złożonych zadań analizy. Na rysunku 3.8 przedstawiono schemat architektury warstwowej wizualizacji i zarządzania danymi.



Rys. 3.8. Schemat architektury warstwowej wizualizacji i zarządzania danymi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Cox i Ellsworth, 1997).

Jednym z czynników wpływających na korzystne przetwarzanie dużych zbiorów danych jest wydajna infrastruktura, która umożliwia przetwarzanie rozproszone (czerpanie informacji z kilku źródeł). Do takiego oprogramowania można zaliczyć wspomniane już wcześniej Apache Hadoop, jak również różnego rodzaju aplikacje analityczne. Przedstawione technologie są bardzo funkcjonalne, nawzajem się uzupełniają i w całości współgrają ze sobą, tworząc elastyczną platformę do analizy dużych zbiorów danych.

**Oprogramowanie Apache Hadoop** posiada architekturę typu *open source* do analizowania dużych zbiorów danych. Jest jednym z najlepszych rozwiązań do przetwarzania dużych i zróżnicowanych zestawów danych. Jest to prosty model programistyczny do rozproszonego przetwarzania dużych zbiorów danych (Kwaśnicki i in., 2013).

Projekt Apache Hadoop składa się z następujących modułów (Racka, 2016):

- Hadoop Common – wspólne narzędzia, które wspierają inne oprogramowania Hadoop,
- Hadoop Distributed File System (HDFS™) – narzędzie zapewniające wysoką przepustowość danych aplikacji,
- Hadoop YARN – narzędzie przeznaczone dla programistów (framework) pozwalające na planowanie pracy i zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa,

- Hadoop Map Reduce – system przeznaczony do równoległego przetwarzania dużych zbiorów danych.

Producent platformy to firma Google, która jest jedną z pierwszych platform do analizy dużych zbiorów danych.

**MapReduce** jest modelem programowania wykorzystywanym do generowania i przetwarzania – również w sposób równoległy – dużych zestawów danych. Założeniem tego modelu jest podział analizy na dwa główne etapy: mapowanie i redukcja. Rozproszony system plików z MapReduce pozwala na przetwarzanie danych bezpośrednio w miejscu ich przechowywania. Rozwiązanie to umożliwia przesyłanie informacji z komputerów, na których są przechowywane dane do serwerów. Zamiast tego wysyłany jest program MapReduce o rozmiarze kilku kilobajtów. Takie rozwiązanie może skrócić czas przesyłania plików. MapReduce jest opracowany w taki sposób, aby potrafił sobie poradzić z awariami maszyn (Busłowska i Juźwiuk, 2014; Loshin, 2013).

Kolejnym rozwiązaniem, które pomaga w analizie dużych zbiorów danych, jest język SQL, służący do komunikacji z bazą danych. Ciekawym rozwiązaniem w dziedzinie analizy dużych zbiorów danych było stworzenie przez firmę Amazon rozproszonego magazynu danych typu klucz–wartość (typ bazy danych NoSQL) o nazwie DYNAMO (Harrison, 2015). Nazwa **NoSQL** pochodzi od słów „non SQL”. Bazy NoSQL są również znane jako Not OnlySQL. NoSQL są bazami danych, których zadaniem jest przechowywanie i udostępnianie danych modelowanych w sposób inny niż tabelaryczny, który jest wykorzystywany w relacyjnych bazach danych. Pozwala to na magazynowanie i korzystanie z danych niestrukturalnych. Pierwsze bazy NoSQL powstawały już od 1960 r., ale ich największy rozwój nastąpił wraz z pojawieniem się Big Data. Konstrukcja NoSQL pozwala na skalowanie pojedynczych baz danych, dokładniejszy dostęp do danych i ich kontroli. W bazach NoSQL duża dostępność danych jest uzyskiwana kosztem spójności danych. Bazy te nie mogą być stosowane w miejscach, gdzie jest wymagana ich spójność. Kolejnym problemem baz NoSQL jest brak prostego języka zapytań (Morzy, 2013; Sadalage i Fowler, 2014).

Stosowane są następujące typy baz danych NoSQL (Mansfeld, 2019):

- bazy dokumentowe – dane są tutaj przechowywane jako dokumenty,
- bazy klucz–wartość – dane są przedstawione jako zbiór par klucz–wartość,
- bazy kolumnowe – model danych jest zapisywany w kolumnach,
- bazy grafowe – bazy danych o modelu grafów z węzłami, krawędziami – relacjami,
- bazy obiektowe – bazy wykorzystujące struktury o modelu obiektowym.

Dane są udostępniane w postaci obiektowej.

Rozwój dziedziny analizy dużych zbiorów danych jest spowodowany coraz większą liczbą ludzi i przedsiębiorstw korzystających z Internetu, smart-urządzeń, różnego rodzaju elektronicznych rejestratorów, gromadząc duże ilości danych. Analiza dużych zbiorów danych może prowadzić do zweryfikowanej i trafniejszej wiedzy. Informacje uzyskane z dużych zbiorów danych mogą prowadzić do efektywniejszej pracy, redukcji kosztów i zmniejszenia ryzyka (Osładacz, 2012).



Firmy chcą lepiej korzystać ze zgromadzonych przez siebie danych, zwiększając obszary, w których mogą wykorzystać narzędzia analityczne. Obecnie analizy dużych zbiorów danych są uważane za główne źródło poprawy zysków oraz wzmocnienie pozycji na rynku przedsiębiorstwa. Wraz z rosnącymi wymaganiami klienta i konkurencją przedsiębiorstw dziedzina analizy dużych zbiorów danych będzie się dynamicznie rozwijać i w kolejnych latach coraz więcej firm zacznie inwestować w Big Data.

## Bibliografia

- [1] Busłowska E., Juźwiuk Ł. (2014), Wprowadzenie do optymalnego wykorzystania MapReduce. *Logistyka*, 4, 3870-3875.
- [2] Cox M., Ellsworth D. (1997), *Managing Big Data for Scientific Visualization*, Siggraph.
- [3] Harrison G. (2015), *Next Generation Databases: NoSQL and Big Data*.
- [4] Kwaśnicki W., Dybął M., Machaj M. (2013), *Ekonomia*, Wrocław.
- [5] Loshin D. (2013), *Big Data Analytics. From Strategic Planning to Enterprise Integration with Tools, Techniques, NoSQL and Graph*, Waltham.
- [6] Mansfeld P. (2019), Bazy danych NoSQL-definicje i przykłady. Dostępne na: <https://mansfeld.pl/bazy-danych/bazy-danych-nosql-zalety-wady/> (dostęp: 21.01.2021).
- [7] Morzy T. (2013), *Eksploracja danych. Metody i algorytmy*, PWN, Warszawa.
- [8] Osiadacz J. (2012), *Innowacje w sektorze usług – przewodnik po systematyce oraz przykłady dobrych praktyk*. Warszawa.
- [9] Pramod J. (2014), *Sadalage, Martin Fowler, NoSQL. Kompendium wiedzy*, Helion.
- [10] Racka K. (2016), *Big Data – Znaczenie, zastosowania i rozwiązania technologiczne*. PWSZ, Płock.
- [11] Rachel Schutt (2014), Cathy O’Neil, *Badanie danych. Raport z pierwszej linii działań*, O’Reilly.
- [12] Siemens (2019), *Od chmury do Internetu Rzeczy*. Dostępny na: <https://przemysl-40.pl/wp-content/uploads/2019-Od-chmury-do-Internetu-Rzeczy.pdf> (dostęp: 21.01.2021).

## 3.10. Cyfrowe bliźniaki linii produkcyjnych

(Anna Krzyszkowska)

W obecnych czasach ciągle dąży się do szybkiego postępu, skrócenia czasu pracy i zmniejszenia marnotrawstwa zasobów. To wszystko ma prowadzić do zmniejszenia kosztów i zwiększenia zysków. Jednym ze sposobów osiągnięcia tych celów jest wykorzystanie wirtualnych modeli nazywanych cyfrowymi bliźniakami (Schleich i in., 2017).

Określenie cyfrowy bliźniak (ang. *digital twin*) oznacza wirtualne odwzorowanie fizycznych obiektów, procesów czy systemów. Z założenia model cyfrowego bliźniaka powinien się składać z trzech elementów (Soldaty, 2018):

- fizycznego obiektu,
- cyfrowego odwzorowania obiektu,
- połączenia części fizycznej i wirtualnej przez wymianę danych w czasie rzeczywistym.



Sama idea cyfrowych bliźniaków powstała już na początku tego stulecia, jednak dopiero w ostatnich latach pojawiły się technologie umożliwiające jej realizację. Problem stanowiła możliwość wymiany danych w czasie rzeczywistym (lub tak regularnie, by wersja wirtualna jak najdokładniej odwzorowywała wersję rzeczywistą). Obecnie jest to możliwe dzięki rozwiniętej automatyce (czujniki, sensory itp.), a także dzięki wykorzystaniu Internetu Rzeczy (ang. *Internet of Things* – *IoT*) (Soldaty, 2018; Jaworowska, 2020).

Ważne jest, aby wiedzieć, czy naprawdę ma się do czynienia z cyfrowym bliźniakiem, który często jest mylony z cyfrowym modelem. Cyfrowego bliźniaka od cyfrowego modelu odróżnia automatyczny przepływ danych pomiędzy produktem wirtualnym a fizycznym. W przypadku modelu przekazywanie danych może mieć charakter manualny (Fuller i in., 2020).

Jak wspomniano, cyfrowe bliźniaki są nieodłącznie powiązane z przepływem danych i Internetem Rzeczy. Niemożliwe jest więc omówienie tego tematu bez wspomnienia o *IoT*, który pozwala na wprowadzenie wirtualnej produkcji. Czym tak właściwie jest Internet Rzeczy? To koncepcja urządzeń mogących połączyć się z Internetem lub innymi urządzeniami bezpośrednio z sieci bezprzewodowych lub za pomocą przewodów. Są to systemy automatyczne, dzięki którym przepływ informacji może się odbywać bez przerwy, bez ingerencji człowieka. Mowa jest tutaj o technologiach, których rozwój w ostatnich latach przyczynił się do urzeczywistnienia koncepcji cyfrowych bliźniaków, takich jak (Farooq i in., 2015):

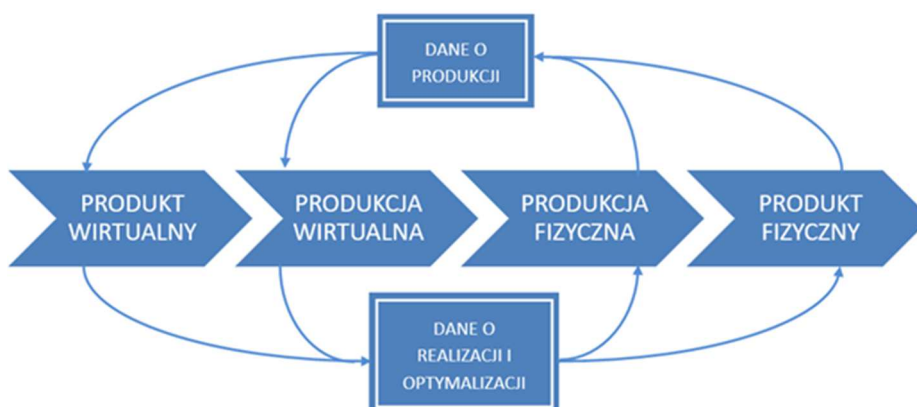
- RFID wykorzystującej fale radiowe (ang. *Radio-Frequency Identification*),
- bezprzewodowej sieci czujnikowej WSN (ang. *Wireless Sensor Network*),
- chmura obliczeniowa,
- networking,
- nanotechnologie,
- mikroukłady elektromechaniczne MEMS (ang. *microelectromechanical system*),
- technologie optyczne, np. Li-Fi (ang. *Light Fidelity*).

Wykorzystanie cyfrowych bliźniaków może być szczególnie przydatne przy liniach produkcyjnych oraz przy monitorowaniu produktu. Wtedy cyfrowe bliźniaki mogą się przyczyniać do planowania i dalszego rozwoju (Soldaty, 2018).

W celu stworzenia cyfrowego bliźniaka wykorzystuje się przeznaczone do tego oprogramowanie. „Królem” wirtualnej produkcji uznaje się często fabrykę Siemens w Amberg, która tworzy całe wirtualne linie produkcyjne zanim powstaną ich rzeczywiste odpowiedniki (Jaworowska, 2020). Cyfrowy bliźniak linii produkcyjnej może się składać z (Jaworowska, 2020):

- layoutu linii,
- przepływu materiałów,
- wyboru odpowiedniego oprzyrządowania, np. robotów, taśm przenośnikowych itp.,
- kodowania maszyn i sterowników.

Wykorzystanie cyfrowych bliźniaków, tak jak wcześniej wspomniano, może być też narzędziem wspierającym już istniejącą linię produkcyjną. W sytuacji występowania równoległe produkcji wirtualnej i rzeczywistej ma się do czynienia z ciągłym przepływem informacji. Wirtualna linia produkcyjna pobiera informacje z przebiegu produkcji: informacje na temat produktu, jego parametrów, dane związane z wytwarzaniem i obróbką. Informacje są przetwarzane w procesie symulacji. Otrzymane dane pozwalają na predykcję przyszłej produkcji. Umożliwiają zaplanowanie, jak powinna wyglądać produkcja, które jej etapy można udoskonalić, jakie straty są możliwe do wyeliminowania. Przepływ danych pomiędzy produkcją wirtualną a rzeczywistą w uproszczeniu przedstawia rys. 3.9 (Siemens 1996-2021).



Rys. 3.9. Przepływ danych między produkcją wirtualną a rzeczywistą  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Siemens 1996-2021).

Może się wydawać, że cyfrowy bliźniak to idealne rozwiązanie, które pozwala zaoszczędzić czas i pieniądze. Korzystając z tego rozwiązania, należy jednak pamiętać, że ma ono również swoje wady. Każda technologia związana z wykorzystaniem Internetu, również i cyfrowy bliźniak, stwarza zagrożenie utarty bądź wycieku danych. Dane te są bardzo szczegółowe, dotyczą tego, co obecnie odbywa się w danym przedsiębiorstwie. Wymagają zatem silnych zabezpieczeń (Putz i in., 2021).

Mimo istniejących zagrożeń cyfrowe bliźniaki są przyszłością Przemysłu 4.0 i mogą mieć wiele zastosowań. Jednym z nich jest proces testowania. Zwykle testowanie i sprawdzanie linii produkcyjnych jest bardzo czasochłonne i kosztowne, co jednak można zmienić, wykorzystując cyfrowe bliźniaki. Gdyby okazało się, że produkcja jest finansowo nieopłacalna bądź niemożliwa do zrealizowania w danych warunkach, traci się czas poświęcony na symulację, ale nie ma strat związanych z rzeczywistymi zasobami (Jaworowska, 2020).

Szczególnie przydatne zastosowanie cyfrowych bliźniaków to ich wykorzystanie przy przeobrażaniu linii produkcyjnych. Pozwala to znacznie zaoszczędzić

czas. Przy przestrajaniu testy i próby wykonuje się w oprogramowaniu, a nie na rzeczywistej linii produkcyjnej, zatem produkcja nie jest zatrzymana w tym czasie. Procesy planowania można rozpocząć, gdy poprzedni proces produkcji ciągle trwa. Dodatkowo nie są zużywane surowce do przeprowadzania prób. Potrzebny jest tylko komputer. Stworzenie wirtualnego bliźniaka pozwala dodatkowo przewidzieć, gdzie może powstać wąskie gardło, gdzie może dochodzić do problemów na produkcji, które stanowisko może potrzebować ulepszenia itd. (Jaworowska, 2020).

Kolejnym istotnym zastosowaniem jest pozbywanie się strat. Gdy produkcja danego wyrobu generuje duże straty, np. energetyczne czy też materiałowe, można do ich analizy i usunięcia wykorzystać wirtualną produkcję, bez zatrzymywania produkcji rzeczywistej (Jaworowska, 2020).

Mniej powszechnym, jednak bardzo przydatnym rozwiązaniem może być wykorzystanie cyfrowych bliźniaków przy produkcji wyrobów podobnych, ale dostosowywanych do potrzeb indywidualnego klienta, np. auta na zamówienie (ang. *customized*). Wtedy zamiast stałej linii produkcyjnej można mieć do czynienia z linią, która ciągle musi się dostosowywać i zmieniać wedle aktualnego zapotrzebowania. Te szybkie zmiany mogą być wspierane przez wirtualne testowanie planowanych rozwiązań (Siemens 1996-2021).

Cyfrowy bliźniak to rozwiązanie bardzo korzystne również przy testowaniu produktów. W tym momencie cyfrowe bliźniaki są wykorzystywane w tej dziedzinie pomocniczo, jednak może kiedyś całkowicie zastąpić fizyczne testy produktów. Zamiast testować produkty, niejednokrotnie poddając je zniszczeniu, można przeprowadzić testy wirtualnie w oprogramowaniu, co ważne – dowolną liczbę razy, bez strat rzeczywistych. Jedynym ograniczeniem jest wtedy moc obliczeniowa oprogramowania i komputera (Jaworowska, 2020).

Ciekawe zastosowanie cyfrowych bliźniaków przedstawił znany producent samochodów elektrycznych – Tesla. Firma ta zastosowała cyfrowego bliźniaka silników samochodowych, aby móc przeprowadzać testy i analizy silników na podstawie rzeczywistych danych. Pozwala to oszacować przyszłe osiągi silników na podstawie danych realnych, zdobytych podczas pracy silnika (Fuller i in., 2020).

Podsumowując, można stwierdzić, że cyfrowe bliźniaki to przyszłość zakładów produkcyjnych. Umożliwiają one skrócenie czasu pracy, zapewniają oszczędność pieniędzy, pozwalają także na znaczne ograniczenie strat materiałowych. Nie ma już konieczności zatrzymywania linii produkcyjnych w celu zbadania problemu, czy też w celu przetestowania nowych rozwiązań. Jest to koncepcja, która wymaga jeszcze dopracowania i udoskonalenia, jest jednak ogromnym krokiem w stronę digitalizacji przedsiębiorstw.

## Bibliografia

- [1] Farooq M.U., Waseem M., Mazhar S., Khairi A., Kamal T. (2015), A Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications*, 113, 1-7.
- [2] Fuller A., Fan Z., Day C., Barlow C. (2020), Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952-108971.

- [3] Jaworowska M. (2020), Cyfrowe bliźniaki. Dostępne na: <https://automatykab2b.pl/temat-miesiaca/53180-cyfrowa-fabryka/strona/9-cyfrowe-blizniaki> (dostęp: 09.01.2021).
- [4] Optimize production planning to ensure smooth operation. Dostępne na: <https://new.siemens.com/global/en/markets/automotive-manufacturing/digital-twin-production.html> (dostęp: 09.01.2021).
- [5] Putz B., Dietz M., Empl P., Pernul G. (2021), Ethertwin: Blockchain-based secure digital twin information management. *Information Processing & Management*, 58(1), 102425.
- [6] Schleich B., Anwer N., Mathieu L., Wartzak S. (2017), Shaping the digital twin for design and production engineering. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, Elsevier, 66 (1), 141-144. Dostępne na: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.040>.
- [7] Soldaty A. (2018), Cyfrowy bliźniak – jeszcze wizja czy już rzeczywistość? Dostępne na: <https://www.controlengineering.pl/cyfrowy-blizniak-jeszcze-wizja-czy-juz-rzeczywistosc/> (dostęp: 09.01.2021).

### 3.11. Metody sztucznej inteligencji wspomagające procesy podejmowania decyzji *(Paulina Kudroń)*

Podejmowanie decyzji towarzyszy ludziom na każdym etapie ich życia, zarówno codziennego, jak i zawodowego. Szczególnie środowisko inżynierskie spotyka się z koniecznością podejmowania decyzji. Najczęściej decyzje te dotyczą wyboru najkorzystniejszego rozwiązania z wielu podanych wariantów lub akceptacji najlepszego rozwiązania technicznego. W zależności od powagi sytuacji, czasu, warunków zewnętrznych, podjęcie danej decyzji może się okazać bardzo trudne, co często jest związane z możliwością popełnienia błędu. Odpowiedzialny za podejmowanie decyzji jest człowiek lub zaprojektowane przez człowieka narzędzie podejmujące decyzje w sposób automatyczny. Podejmowanie decyzji jest procesem polegającym na wcześniejszym zebraniu i przetworzeniu danych prowadzących do rozwiązania danego problemu decyzyjnego (Heilpern, 2001).

Dział nauki zwany teorią decyzji zajmuje się problematyką podejmowania decyzji. Obejmuje on analizę i wspomaganie procesu podejmowania decyzji. Wiele dziedzin interesuje się tą teorią, m.in. matematyka, statystyka, ekonomia, zarządzanie, informatyka czy medycyna.

Dokładną i głęboką analizę decyzyjną przeprowadza się, gdy (Ros, 2007):

- wymieniona jest zbyt duża liczba wariantów decyzyjnych,
- sytuacja jest zawiła i skomplikowana – trudna do rozwiązania,
- podejmowana decyzja może przynieść wiele strat lub duży zysk,
- proces decyzyjny jest wieloetapowy.

Proces podejmowania decyzji posiada następujące fazy (Ros, 2007):

- zidentyfikowanie sytuacji decyzyjnej,
- opis sytuacji decyzyjnej,
- budowa modelu decyzyjnego,
- wyznaczenie zbioru decyzji wystarczających, decyzji dopuszczalnych lub decyzji optymalnych,
- podjęcie końcowej decyzji.



Ryzyko, jakie występuje podczas podejmowania decyzji, może zależeć od sytuacji decyzyjnej. Sytuacja może być (Kłosiński i Biela, 2009):

- pewna, w której efekt określonego wyboru jest przewidywalny. Decyzja podejmowana jest na podstawie oczywistych oraz jednoznacznych kryteriów i wskaźników, a ryzyko jest równe zeru,
- ryzykowna, w której decyzja może przynieść zysk lub stratę, jest jednak możliwość określenia zbioru konsekwencji i możliwości ich wystąpienia,
- niepewna, w której nie ma możliwości wyznaczenia wszystkich konsekwencji oraz prawdopodobieństwa, z jakim mogą wystąpić konsekwencje. Ryzyko jest wysokie.

Ostatnie lata przyniosły gwałtowny rozwój technologii informatycznych, co spowodowało, że systemy komputerowe zaczęły pełnić istotną rolę w procesach decyzyjnych. Używane są w momencie, gdy do podjęcia decyzji potrzebne jest szybkie przetworzenie dużej ilości danych lub tam, gdzie sytuacja wymaga użycia skomplikowanych obliczeniowo modeli.

Przykładami kategorii systemów pełniących różne role w różnych obszarach działalności przedsiębiorstwa i wspierających procesy decyzyjne mogą być (Kłowski, 2004):

- systemy informowania kierownictwa – polegające na dostarczaniu informacji z niższych szczebli pracowniczych w celu ułatwienia podjęcia danej decyzji na wyżej postawionych stanowiskach kierowniczych. Są to systemy raportujące czy wizualizacyjne,
- systemy transakcyjne – zadaniem tego typu systemów jest dostarczenie aktualnych danych, które są potrzebne do podejmowania decyzji na szczeblu operacyjnym, ale mogą także dostarczać danych do systemów wyższego poziomu,
- hurtownie danych – służące do gromadzenia i integracji rozproszonych danych, ich przetwarzania oraz przechowywania w postaci uporządkowanych obszarów biznesowych.

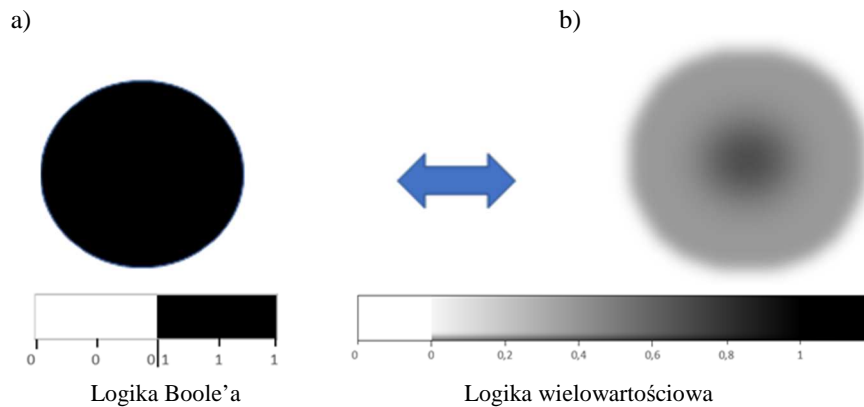
Metody sztucznej inteligencji nawiązują swoimi cechami do aspektów ludzkiej inteligencji, które można pokazać za pomocą ścisłej procedury postępowania lub za pomocą algorytmu matematycznego. Metody te tworzy się za pomocą oprogramowania i mikroprocesorowych układów. Do najczęściej stosowanych technik sztucznej inteligencji w automatyce elektromagnetycznej zalicza się (Rutkowska, 1999):

- układy rozmyte (UR),
- sztuczne sieci neuronowe,
- systemy ekspertowe.

Układy rozmyte zostały stworzone z myślą o znalezieniu odpowiedniego podejścia do różnych problemów technicznych. Obserwowane zjawiska i opisywane pojęcia mają tam charakter nieprecyzyjny i wieloznaczny. Dotychczas używane metody matematyczne nie dawały możliwości skutecznego rozwiązania tego typu problemów. Wynaleziono więc teoretyczne podstawy zbiorów o rozmytych granicach oraz dopasowane do nich narzędzia i algorytmy pozwalające na operacje

na tych zbiorach. W ten sposób logika rozmyta, nazywana także wielwartościową, stała się rozszerzeniem i uzupełnieniem logiki Boole'a (Rebizant, 2004).

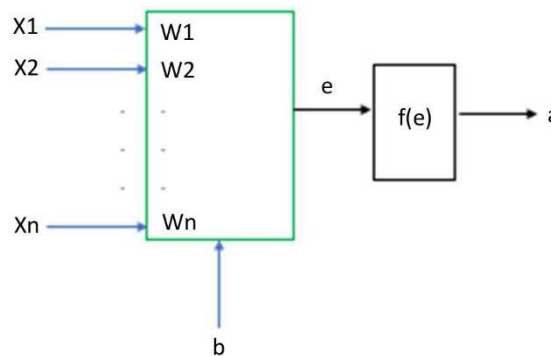
Można stwierdzić, że podobieństwo obiektu względem nieprecyzyjnie zdefiniowanych właściwości definiuje rozmytość. Na rysunku 3.10 pokazano przykład, w którym dany element może należeć lub nie do danego zbioru. Z kolei w logice wielwartościowej element może należeć do zbioru tylko częściowo, co opisuje stopień przynależności podany jako liczba z przedziału od 0 do 1 (Wiszniewski i Kasztenny, 1995).



Rys. 3.10. Przynależność do zbioru: a) dwustanowa, b) rozmyta

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Rebizant, 2004).

Sztuczne sieci neuronowe powstały na podobieństwo ludzkiego mózgu. Neuron jest podstawową jednostką sieci, niezależnie od konkretnej struktury. Neuron jest pojedynczym modułem obliczeniowym, który porównuje wcześniej poznane złe i dobre przykłady z sygnałem wejściowym w danej chwili (Rutkowska, 1999). Rysunek 3.11 prezentuje pojedynczy neuron realizujący obliczenia sumy ważonej sygnałów wejściowych z nałożoną funkcją aktywacji.



Rys. 3.11. Model pojedynczego neuronu z nieliniową funkcją aktywacji

Źródło: Opracowanie własne.

Tworzenie jednoneuronowego lub wielowarstwowego układu decyzyjnego jest osiągalne dzięki uczeniu sieci neuronowej z pomocą wcześniej przygotowanych wzorców uczących oraz algorytmu uczenia. Sieci neuronowe są zbudowane z pojedynczych neuronów, które układają się w pewne struktury. Dzięki temu mają one znacznie większe możliwości obliczeniowe od pojedynczego neuronu, co spowodowało, że znalazły praktyczne zastosowanie (Rebizant, 2004).

Systemy ekspertowe są zbiorem danych wykorzystujących bazy wiedzy, modele wiedzy czy procedury wnioskowania, dążąc do rozwiązania problemu. Wiedza w takim systemie jest zapisana w postaci faktów i reguł wnioskowania. Systemy ekspertowe są aplikacją trzyczęściową, składającą się z niezależnych, współpracujących ze sobą części: bazy wiedzy, mechanizmu wnioskowania oraz bazy danych. Jej zadaniem jest przejąć obowiązki eksperta w danej dziedzinie. Działa ona na zasadzie podobnej do działania ludzkiego mózgu. Rysunek 3.12 prezentuje strukturę systemu ekspertowego, w którym moduł wnioskowania korzysta z informacji zawartej w bazie danych oraz bazie wiedzy.



Rys. 3.12. Struktura systemu ekspertowego

Źródło: Opracowanie własne.

Jednym z głównych elementów wchodzących w skład systemu ekspertowego jest moduł wnioskowania, który (Ganjavi i in., 2006):

- wybiera najlepsze rozwiązanie dla danego problemu technicznego jako ekspert z danej dziedziny,
- kontroluje przebieg akcji, które podejmuje system,
- określa, jakie obliczenia i reguły najlepiej pasują w danym przypadku,
- rozwiązuje konflikty,
- pracuje nad określonymi regułami lub aktywuje nowe.

W artykule (Tadeusiewicz, 2009) został opisany nie tylko fenomen sztucznej inteligencji, która bardzo ułatwia życie, ale także zagrożenia z nią związane. Istnieje wiele obaw dotyczących sztucznej inteligencji. W niniejszym punkcie przybliżono te obawy oraz podjęto próbę oceny, czy są one uzasadnione.

Nowoczesne technologie bardzo szybko zmieniają środowisko pracy. Pracodawcy podnoszą swoje oczekiwania w związku ze zmieniającym się otoczeniem. Dzięki sztucznej inteligencji formy rozwojowe, narzędzia czy szkolenia również się rozwijają, aby dorównać oczekiwaniom pracodawców. W artykule zostały przedstawione innowacyjne metody rozwoju pracowników za pomocą m.in. sztucznej inteligencji (Mikołajczyk, 2020).



W niniejszym punkcie omówiono metody sztucznej inteligencji, które pomagają w podejmowaniu decyzji. Wspomaganie procesu decyzyjnego polega na realizacji kilku etapów. Między nimi bardzo często występuje pętla zwrotna. Do tych etapów należy modelowanie problemu decyzyjnego, zebranie informacji o określonych decyzjach oraz konstrukcja modelu matematycznego pozwalającego na rozwiązanie problemu. Sztuczna inteligencja w szybki i łatwy sposób może pomóc w rozwiązaniu wielu konkretnych problemów technicznych, produkcyjnych, biznesowych czy medycznych, co znacznie ułatwia życie.

## Bibliografia

- [1] Ganjavi M.R., Krebs R., Styczynski Z. (2006), Design of a Pilot Knowledge-based Expert System for Providing Coordinated Setting Values for Power System Protection Devices. MEPS'06 Conference, Wrocław.
- [2] Heilpern S. (2001), Podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka i niepewności. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław.
- [3] Klonowski Z. (2004), Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem. Modele rozwoju i właściwości funkcjonalne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- [4] Kłosiński K.A., Biela A. (2009), Człowiek i jego decyzje. Wydawnictwo KUL, Lublin.
- [5] Mikołajczyk K. (2020), Innowacyjne metody rozwoju pracowników. [W:] Zarządzanie kapitałem ludzkim – wyzwania, red. J. Cewińska, A. Krejner-Nowecka, S. Winch, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa, 175-190.
- [6] Rebizant W. (2004), Metody inteligentne w automatyce zabezpieczeniowej. Prace Naukowe Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej, nr 93, seria: Monografie, nr 29, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- [7] Ros J. (2007), Podejmowanie trafnych decyzji. Zysk i S-ka, Poznań.
- [8] Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L. (1999), Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. PWN, Warszawa.
- [9] Tadeusiewicz R. (2009), Automatyizacja i sztuczna inteligencja jako źródła prawdziwych i wyimaginowanych zagrożeń. Czy świat należy urządzić inaczej. Schyłek i początek, 29-43.
- [10] Wiszniewski A., Kasztenny B. (1995), A multi-criteria differential transformer relay based on fuzzy logic. IEEE Transactions on Power Delivery, 10, 4, 1786-1792.

## 3.12. Wirtualna rzeczywistość w przemyśle (*Dariusz Breś*)

Wirtualna rzeczywistość to pojęcie do niedawna kojarzone z rozrywką, przede wszystkim z grami komputerowymi. Sprawdza się głównie w medycynie i przemyśle. Jej możliwości są ogromne, ale jak dotąd wykorzystywane w bardzo małym stopniu. Co blokuje rozwój i wykorzystanie takiego wyjątkowego narzędzia, jakim jest wirtualna rzeczywistość? Przede wszystkim brak powszechnej wiedzy oraz koszty. O ile sam sprzęt nie jest wyjątkowo drogi, to software pochłania spore, jak na realia wielu przedsiębiorstw, pieniądze. Jednak możliwości, jakie oferuje wirtualna rzeczywistość, są ogromne. Warto się zatem zastanowić, co może zyskać przedsiębiorstwo dzięki wykorzystaniu tej technologii.



Wirtualna rzeczywistość to *syntetyzowanie przez programy komputerowe doznań odbieranych przez zmysły ludzkie (najczęściej dźwięku i obrazu, ale także dotyku), np. w symulatorach lotów lub w grach komputerowych* (Encyklopedia PWN). W literaturze naukowej zazwyczaj używa się określenia w języku angielskim, tj. *virtual reality*, także skrótu VR. Komputerowo generowana wirtualna rzeczywistość może przyjmować charakter dynamiczny lub statyczny (Berbeka, 2016). Co zatem oznaczają te rodzaje? Jak wyjaśnia profesor Jadwiga Berbeka (Berbeka, 2016), w ujęciu statycznym wirtualny świat jest uprzednio wykreowany, użytkownik porusza się w nim, poznaje jego kolejne zakamarki, ale nie ma na niego wpływu. W świecie dynamicznym użytkownik wchodzi w interakcję z otoczeniem i dzięki temu ma na nie wpływ, zmienia je. Jakże zatem zastosowania może mieć VR w przemyśle? Zaprezentowane w dalszej części rozdziału przykłady zobrazują, jak wiele zastosowań może mieć wirtualna rzeczywistość.

Na portalu TSL.pl można przeczytać, że *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu zainwestowała w symulator wózka widłowego MWS-W-4M-EK oraz sprzęt do nauki studentów z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości (VR) wraz z oprogramowaniem* (A.B., 2020). Dzięki temu studenci mogą się zaznajomić ze specyfikacją pracy na wózku w niemal każdych warunkach. Dzięki VR możliwe jest odwzorowanie pracy w deszczu czy chociażby w gęstej mgle. Na symulatorze możliwe jest odbycie egzaminu, który jeszcze lepiej niż prawdziwy wózek pozwala sprawdzić umiejętności kursanta. W ustawieniach sprzętu można wybrać wiele warunków, w jakich ma się poruszać wirtualny wózek. Może to być hala lub plac. Można także wybrać wspomniane wcześniej warunki pogodowe. Zaliczenie egzaminu następuje, gdy ładunek jest umieszczony na swoim miejscu, żadna z osi ładunku nie jest przeciążona, a ciężar rozkłada się równomiernie. Tak dokładne parametry nie są sprawdzane podczas klasycznego egzaminu, zatem symulator z wykorzystaniem sprzętu VR pozwala na lepsze przygotowanie przyszłych operatorów wózków widłowych.

Kolejny przykład wykorzystania wirtualnej rzeczywistości jest o wiele bardziej ciekawy, bowiem VR pozwala na wytwarzanie samochodów bez fizycznych prototypów. Całkiem niedawno (grudzień 2020) świat obiegła wiadomość o wyprodukowaniu pierwszego samochodu należącego do Volkswagena bez fizycznych prototypów. Jest to Audi e-tron GT. Stało się to możliwe dzięki trójwymiarowemu skanowaniu budynków, uczeniu maszynowemu oraz wirtualnej rzeczywistości. Według Grendysy (Grendys, 2020) *Wszystkie procesy montażowe były testowane i ulepszone w wirtualnych przestrzeniach, które dokładnie odwzorowują ich rzeczywiste odpowiedniki. Przygotowanie danych było możliwe dzięki zastosowaniu skanerów 3D i kamer – najpierw wykonano zdjęcia przestrzeni i dokładnie zmierzono je z pomocą laserów. W ten sposób inżynierowie przygotowali cyfrowy model fabryki w niemieckim Neckarsulm. Odwzorowanie modelu fabryki budzi podziw, ponieważ wszystkie proporcje i rozmiary pokrywają się z prawdziwymi, a wszelkie maszyny czy pomoce warsztatowe można przemieszczać, dostosowując do potrzeb produkcyjnych. Poza wirtualnym zakładem powstał także model montażu uwzględniający dane pojazdu, takie jak: wyposażenie, wykorzystywane*

materiały oraz narzędzia używane w trakcie produkcji. Ponadto w niedługim czasie mają powstać aplikacje w wirtualnej rzeczywistości do szkolenia pracowników. Eksperci Audi z całego świata mogą w swoich domach uczestniczyć w procesie projektowania przez sprawdzanie i udoskonalanie działań w przestrzeni cyfrowej. To niewątpliwie dodatkowy atut, zwłaszcza w dobie trwającej pandemii.

Wirtualna rzeczywistość ma też swoją „siostrę”, nazywaną poszerzoną lub rozszerzoną rzeczywistością. Charakteryzuje się ona połączeniem VR z prawdziwą rzeczywistością. Według M. Bieńkowskiego (Bieńkowski, 2020) *Pod pojęciem rozszerzonej wirtualności należy rozumieć generowanie obrazów wirtualnych z dodatkiem realnych elementów. (...) Bardzo dobrym przykładem rozszerzonej wirtualności są reklamy samochodów lub specjalne prezentacje dla klientów dotyczące np. budowanej fabryki, linii produkcyjnej, statku czy samolotu. Obraz wirtualny generowany jest na podstawie danych pochodzących wprost z programu CAD, a do tego dodawani są żywi ludzie, zwierzęta, elementy krajobrazu, sąsiednie budynki, droga itp.* W dalszej części niniejszej pracy przedstawiono przykłady rozszerzonej rzeczywistości.

Logistyka to gałąź przemysłu, która może bardzo skorzystać z rozszerzonej rzeczywistości. Firma Klient Capgemini jest producentem i dostawcą części wysyłanych do dużej liczby odbiorców. Przedsiębiorstwo posiada kilkadziesiąt centrów dystrybucyjnych, z których prowadzi wysyłkę części. Kilkuset kontrahentów ma różne wymagania co do sposobu pakowania przesyłek: różne rodzaje opakowania, różne umieszczenie etykiet itd. Wcześniej pracownicy pakowali paczki zgodnie z otrzymanymi wytycznymi, nie da się jednak całkowicie wyeliminować błędu ludzkiego. Czasem zdarzały się pomyłki, które w skali tak dużej firmy i tak dużego wolumenu przesyłek stanowiły ogromne koszty. Poza karami umownymi ze strony kontrahentów dochodziło spowolnienie produkcji i niemożliwość wprowadzenia systemu produkcji *Just-in-Time*. Rozwiązaniem stało się zastosowanie systemu opartego na rozszerzonej rzeczywistości. Jak to wygląda w praktyce? Rafał Wojciechowski opisuje proces następująco: *Magazynier wykorzystuje okulary AR, dzięki którym widzi w kontekście pakowanej palety trójwymiarowe wizualizacje paczek w miejscach, w których należy je umieścić. Dowiaduje się także, w którym miejscu paczki powinna znaleźć się etykieta, jaka powinna być jej orientacja, oraz w jakiej kolejności paczki mają być umieszczane na palecie, biorąc pod uwagę różne kryteria, na przykład ich wielkość czy wagę. System pozwala na znaczące zmniejszenie liczby pomyłek oraz usprawnienie pracy* (Capgemini, 2020).

XXI wiek to czas produkcji masowej na wielką skalę. W miarę bogacenia się społeczeństw coraz bardziej na znaczeniu zyskuje jednak produkcja jednostkowa pod zamówienie. Coraz więcej ludzi decyduje się na meble dostosowane do ich własnych potrzeb, a nie te z marketu. Kluczowe jest zatem wybranie takiego *designu*, który będzie się podobał klientom. Na pomoc przychodzi rozszerzona rzeczywistość. Dzięki niej możliwe jest zrobienie zdjęć realnego domu oraz umeblowanie go wirtualnie. Jakość obrazów sprawia wrażenie, że znajdujemy się w prawdziwym pomieszczeniu. Ponadto możliwe jest przejście się po wirtualnym pokoju i sprawdzenie szczegółów. Wystarczy założyć google VR i dzięki pracy grafików

można testować różne wystroje wnętrz. Naukowo ujmując, można stwierdzić, że celem rozszerzonej rzeczywistości jest wzbogacenie percepcji rzeczywistego świata. Informacja, którą użytkownik otrzymuje dzięki naniesionym wirtualnym obiektom, pozwala mu lepiej radzić sobie w realnym świecie (Asanowicz, 2012).

Rozszerzona rzeczywistość to także wsparcie w codziennej pracy dla wielu specjalistów. Elektryk dzięki okularom AR widzi zarówno realny świat, jak i elementy wirtualne. Etykiety z oznaczeniami poszczególnych przełączników oraz schemat instalacji w niewyobrażalnym stopniu ułatwiają mu pracę. Dzięki zastosowaniu czujników oraz technologii AR pracownik ma zaznaczone na czerwono, w którym obszarze znajduje się problem. To zmniejsza czas i koszty naprawy awarii oraz zwiększa bezpieczeństwo pracownika (Byrska-Bienias i Zemczak, 2017).

Na koniec warto wspomnieć o kluczowej kwestii, jaką jest bezpieczeństwo pracy. Okazuje się, że wirtualna rzeczywistość może wspomóc bezpieczeństwo oraz ergonomię w fabrykach. Jako przykład może posłużyć pewien producent OEM (ang. *Original Equipment Manufacturer*) z branży motoryzacyjnej, który wdrożył technologię produkcji wirtualnej, aby móc zaprojektować bezpieczne, a zarazem opłacalne miejsce pracy. Stwierdza on, że: *Wykorzystano immersyjną technologię VR wraz z drukiem 3D i przechwytem ruchów całego ciała. Pozwoliło to na zmniejszenie wypadków przy pracy połączonych ze zranieniem ludzi o 70% oraz ograniczyło problemy ergonomiczne o 90%* (Technologie AR..., 2019). Zastosowanie AR pozwala również na rewolucyjne wykorzystanie do tworzenia map bezpieczeństwa – stref z oznaczonymi obszarami zagrożenia dużym natężeniem hałasu, zapyleniem, stref mgieł olejowych, silnego stężenia substancji chemicznych i innych. Dzięki temu w łatwy i precyzyjny sposób można wyodrębnić tereny niebezpieczne i skutecznie chronić pracowników (Byrska-Bienias i Zemczak, 2017).

Podsumowując, można stwierdzić, że wirtualna rzeczywistość to (Pardel, 2009):

- lepiej przeszkoleni pracownicy,
- diametralnie mniej zużytych materiałów w procesie projektowania nowych urządzeń,
- możliwość uczestniczenia w projekcie osób z całego świata, niezależnie od miejsca zamieszkania,
- wygoda oraz większe bezpieczeństwo pracy specjalistów (np. elektryków),
- eliminacja błędów ludzkich,
- tworzenie bezpieczniejszych i bardziej ergonomicznych miejsc pracy,
- wygodne prowadzenie samochodu dzięki wyświetlanym wskaźnikom i informacjach o korkach,
- wizualizacja architektury i rozmieszczenia przestrzennego.

Podsumowując, technologia wirtualnej rzeczywistości (w skrócie VR) oraz rozszerzona rzeczywistość (AR) mają przed sobą świetlaną przyszłość. Przez większość są jeszcze traktowane jako ciekawostka i nowinka technologiczna, ale w niedługim czasie zapewne się to zmieni. Już teraz wiele czołowych firm

inwestuje i wykorzystuje te technologie. Mimo wysokich kosztów zakupu inwestowanie w wirtualną rzeczywistość jest jak najbardziej opłacalne i przynosi ogromne oszczędności w dłuższej perspektywie.

## Bibliografia

- [1] A.B. (2020), Wałbrzyska uczelnia ma symulator wózka widłowego. Dostępny na: <https://portaltsl.pl/zarzadzanie/walbrzyska-uczelnia-ma-symulator-wozka-widlowego/> (dostęp: 30.12.2020).
- [2] Asanowicz A. (2012), Systemy rzeczywistości wirtualnej w architekturze. Politechnika Białostocka, Białystok.
- [3] Berbeka J. (2016), Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość a zachowania konsumentów. Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, 303, 84-85.
- [4] Bieńkowski M. (2020), Wirtualna rzeczywistość w przemyśle. Dostępny na: <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Systemy-wizyjne-i-RFID/Wirtualna-rzeczywistosc-w-przemysle> (dostęp: 30.12.2020).
- [5] Byrska-Bienias K., Zemczak M. (2017), Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości w kształtowaniu stanowisk pracy. [W:] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, red. K. Byrska-Bienias, M. Zemczak. Opole, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, 2, 435-446.
- [6] Capgemini (2020), Trzy przykłady zastosowania rozszerzonej rzeczywistości w przemyśle. Dostępny na: <https://polskiprzemysl.com.pl/technologie/zastosowanie-rozszerzonej-rzeczywistosci/> (dostęp: 30.12.2020).
- [7] Grendys A. (2020), Wytwarzanie samochodów bez fizycznych prototypów. Dostępny na: <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/wytwarzanie-samochodow-bez-fizycznych-prototypow/> (dostęp: 30.12.2020).
- [8] Pardel P. (2009), Przegląd ważniejszych zagadnień rozszerzonej rzeczywistości. Studia Informatica, 30(1), 35-64.
- [9] Technologie AR i VR wspierają przemysł na 7 sposobów (2019), Dostępny na: <https://www.controlengineering.pl/technologie-ar-i-vr-wspieraja-przemysl-na-7-sposobow/> (dostęp: 30.12.2020).
- [10] Wirtualna rzeczywistość – hasło w Encyklopedii PWN. Dostępne na: [encyklopedia.pwn.pl/](https://encyklopedia.pwn.pl/) (dostęp: 30.12.2020).

### 3.13. Business Intelligence (*Mateusz Matuszek*)

Systemy Business Intelligence (BI) służą do optymalizacji decyzji biznesowych. Termin Business Intelligence rozpowszechniła firma Gartner Group, definiując to pojęcie jako *zbiór aplikacji, infrastruktury, narzędzi i najlepszych praktyk, które umożliwiają dostęp do danych i ich analizę w celu poprawy i optymalizacji podejmowanych decyzji oraz wydajności* (Gartner IT Glossary). Rozwiązania BI, wykorzystując doświadczenie i wiedzę uczestników biznesu oraz dane zawarte w zasobach informacyjnych przedsiębiorstwa, pozwalają lepiej zrozumieć jego dynamikę oraz działania. Dzięki BI monitorowanie na bieżąco zmieniającej się sytuacji pozwala przedsiębiorstwom szybko zaadaptować się i zyskać przewagę konkurencyjną.



Do aplikacji BI można zaliczyć (Surma, 2009):

1. Hurtownie danych – platformę integrującą dane pochodzące z różnych źródeł, a także umożliwiającą ich przetwarzanie analityczne (w tym techniki OLAP – ang. *On-Line Analytical Processing*). Hurtownia danych stanowi rodzaj bazy danych, która jest zorganizowana i zoptymalizowana pod kątem pewnego wycinka rzeczywistości. Zasadniczą koncepcją hurtowni danych jest połączenie danych z różnych istniejących i pozostających nadal w użyciu baz w jednej bazie. Do zalet wykorzystywania hurtowni danych można zaliczyć:

- możliwość kumulacji danych z różnych źródeł,
- możliwość tworzenia analiz statystycznych obejmujących cały zakres działalności przedsiębiorstwa na podstawie danych zawartych w bazie,
- uwzględnianie zmienności w czasie podczas analizowania danych,
- możliwość szczegółowej analizy konkretnego obszaru (np. logistyka, jakość).

2. Data Mining (eksploracja danych) – procesy odkrywania wiedzy i informacji zawartych w bazach danych oparte na metodach statystycznych oraz technikach sztucznej inteligencji. Są to klasyczne narzędzia generujące sprawozdania oraz analizy. Pomimo swej złożoności proces eksploracji danych jest procesem szybkim. Przykładowe modele eksploracji danych to:

a) CRISP-DM (ang. *Cross-Industry Process for Data Mining*) – międzybranżowy proces statystycznej eksploracji danych. Metoda ta jest definiowana jako seria kolejnych kroków, które kierują zastosowaniem techniki eksploracji danych. Cykl życia projektu eksploracji danych składa się z sześciu faz (Olszak, 2009):

- zrozumienie biznesowe,
- zrozumienie danych,
- przygotowanie danych,
- modelowanie,
- ocena,
- wdrażanie,

b) DMAIC – metoda służąca do rozwiązywania problemów w przedsiębiorstwach. Składa się z 5 faz odpowiadających literom skrótu (Shankar, 2009):

- *Define* (definiowanie) – faza mająca na celu określenie problemu biznesowego, celu projektu, ustalenie harmonogramu prac oraz określenie zasobów,
- *Measure* (pomiar) – w tej fazie dokonuje się pomiarów aktualnego procesu, określa, jakie dane są dostępne, wykonuje się burzę mózgów mającą wyodrębnić potencjalne przyczyny problemu oraz układa się plan zbierania danych,
- *Analyse* (analiza) – analizuje się wydajność procesu, wykonuje się testy statystyczne oraz jakościowe, na podstawie posiadanych danych formułuje się hipotezy, które dotyczą pierwotnego problemu,
- *Improvement* (doskonalenie) – identyfikuje się problem, testuje oraz wdraża potencjalne rozwiązanie problemu. Następnie wykonuje się analizę

rozwiązania problemu w celu określenia rozwiązania mającego najkorzystniejszy wpływ na poprawę procesu,

- *Control* (kontrolowanie) – kontrola udoskonalenia procesu bądź działania. Jeżeli wprowadzone udoskonalenie eliminuje problem, ulepszenie zostaje ustandaryzowane w przedsiębiorstwie. Zespół projektowy na koniec tworzy plan kontroli oraz prezentuje wprowadzone udoskonalenia właścicielowi procesu,

c) SENMA – metoda w prosty sposób wspomagająca przeprowadzanie złożonego procesu eksploracji danych. Została zaprojektowana przez SAS Institute. Dzieli się na 5 etapów (Olszak, 2009):

- Próbką (*Sample*) – ustalenie, które dane będą stanowić dane wejściowe do kolejnych etapów. Próba powinna być wystarczająco duża, aby można było wyłapać ukryte relacje oraz wzorce, a zarazem na tyle mała, aby można było nią zarządzać,
- Eksploruj (*Explore*) – wykrycie związków anomalii oraz trendów w danych,
- Modyfikuj (*Modify*) – filtrowanie, transformacja zmiennych, tworzenie nowych zmiennych, identyfikacja obserwacji odstających,
- Modeluj (*Model*) – wybór techniki modelowania, budowanie modelu,
- Oceniaj (*Assess*) – porównanie osiągniętych wyników do zakładanych wymagań.

3. Systemy raportująco-pytające (Q&R) – jedne z najprostszych i najczęściej używanych interfejsów użytkownika. Służą do przetwarzania oraz wizualizacji danych. Wyróżnia się trzy główne rodzaje raportów (Surma, 2009):

- standardowe – tworzone według przygotowanych szablonów cyklicznie, np. każdego dnia, miesięczne, kwartalne,
- doraźne – tworzone samodzielnie przez pracownika, z wykorzystaniem prostych, intuicyjnych narzędzi, niewymagające znajomości składni języków programowania, np. SQL, ani budowy hurtowni danych,
- wsadowe – raporty generowane o określonych porach dnia (np. w nocy), tak aby nie obciążać systemów BI w czasie zwiększonej intensywności pracy przedsiębiorstwa.

4. OLAP (ang. *On-Line Analytical Processing*) – analityczne przetwarzanie danych na bieżąco. Jest to technologia umożliwiająca użytkownikowi analizę dużej bazy danych w celu lepszego zrozumienia zawartych w niej informacji. Kostka OLAP (OLAP Cube) jest strukturą danych wykorzystywaną w rozwiązaniach analitycznych, pozwalającą użytkownikowi na analizę danych opierającą się na modelu wielowymiarowym. Kostka składa się z miar oraz wymiarów, czyli analizowanych wartości. Narzędzie OLAP powinno być proste w użyciu, efektywne oraz elastyczne. Jest to istotne w rozwiązaniach działających w czasie rzeczywistym, które wymagają głębokiej wiedzy o danych. Systemy OLAP dzieli się na 3 główne grupy (Nycz, 2012):

- wielowymiarowe (ang. *Multidimensional Online Analytical Processing* – MOLAP),



- hybrydowe (ang. *Hybrid Online Analytical Processing* – HOLAP),
- relacyjne (ang. *Relational Online Analytical Processing* – ROLAP).

Przykładowy obraz kostki OLAP przedstawiono na rys. 3.13. Przykład prezentuje kostkę danych, która zawiera następujące wymiary: miejsce, czas oraz produkt. W poszczególnych komórkach znajdują się wartości miar, czyli: miasta, daty oraz dane produktów.



Rys. 3.13. Kostka OLAP

Źródło: Opracowanie własne.

Aplikacje Business Intelligence umożliwiają (Bris, 2013):

- współdzielenie z innymi aplikacjami danych i formuł obliczeniowych, predefiniowanie zestawów zapytań, uzyskiwanie standardowych form prezentacji i raportów, dostęp do raportów i danych przez portale internetowe,
- znajdowanie zagrożeń i szans, wspieranie intuicyjnego wykrywania istotnych zdarzeń, szybką reakcją na zmiany zachodzące w środowisku gospodarczym,
- uzyskanie przewagi konkurencyjnej przez dokładniejsze i szybsze przysposobienie się organizacji do zachodzących zmian,
- powiązanie strategii organizacji z różnego rodzaju działaniami operacyjnymi. Śledzenie realizacji tych prognoz i planów, a ponadto wyliczenie faktycznych kosztów działalności i dostarczenie użytkownikom informacji operacyjnych, jak również możliwość określania różnych procesów gospodarczych w aplikacji i modernizacji procesów.

Narzędzia Business Intelligence pozwalają na podniesienie jakości i efektywności pracy wielu firm. Mają zastosowanie w wielu dziedzinach, np. produkcji, medycynie, biznesie. Dzięki BI użytkownik posiada przeanalizowane dane, które są skondensowane. Dzięki temu może podjąć właściwą decyzję. Pracownik po zobaczeniu jednego ekranu zestawiającego jest w stanie stwierdzić, co potrzeba



zmienić w danym przypadku, podczas gdy tradycyjne metody zbierania danych i ich analiza wymagałyby długiego czasu.

## Bibliografia

- [1] Brijs B. (2013), *Business Analysis for Business Intelligence*. CRC Press.
- [2] Gartner IT Glossary (2021), <http://www.gartner.com/it-glossary/business-intelligence-bi> (dostęp: 06.01.2021).
- [3] Nycz M. (2012), *Hurtownie danych i business intelligence w organizacji*. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław.
- [4] Olszak C. (2009), *Analiza i ocena wybranych modeli eksploracji danych*. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole.
- [5] Shankar R. (2009), *Process Improvement Using Six Sigma – A DMAIC Guide*. ASQ Press.
- [6] Surma J. (2009), *Business Intelligence – systemy wspomaganie decyzji biznesowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.







**Powiązanie rozdziałów pracy i studiów przypadków (cd.)**

	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
R1.1				X	X										
R1.2															
R1.3													X		
R1.4															
R1.5															
R1.6								X							
R1.7													X		
R1.8								X							
R2.1															
R2.2				X											
R2.3															
R2.4															
R2.5															
R2.6		x													
R2.7														X	
R2.8															
R3.1						X		X							
R3.2									X						
R3.3															
R3.4											X		X		
R3.5												X			
R3.6							X								
R3.7							X								
R3.8															
R3.9															X
R3.10															
R3.11					X										
R3.12														X	
R3.13															

Źródło: Opracowanie własne.

**P1. Analiza wskaźnika efektywności pracowników (Piotr Ziobro)**

**Opis sytuacji**

Analizowane w niniejszym przykładzie przedsiębiorstwo posiada nowoczesny park maszynowy, wysoki poziom zamówień oraz odpowiedni poziom zatrudnienia. Analizie została poddana jedna z linii produkcyjnych w celu oceny możliwości zwiększenia efektywności jej pracowników. W ostatnim czasie zauważono pojawianie się większej liczby problemów, co uwidaczniało się w postaci niższego poziomu wskaźnika efektywności analizowanego wraz z comiesięcznymi wynikami linii produkcyjnej. Analizie poddano okres miesiąca, w którym został zaobserwowany spadek tego wskaźnika.



## Analiza

W tabeli P1.1 przedstawiono zidentyfikowane przyczyny wpływające negatywnie na parametry wskaźnika OLE, który został wykorzystany do oceny efektywności pracy pracowników. Zaprezentowane przyczyny były efektem przeprowadzonej burzy mózgów. Zostały one wykorzystane do dalszych analiz. Oszacowano ich rzeczywisty wpływ na efektywność pracy pracowników.

Tabela P1.1. Przykładowe przyczyny niskiego wskaźnika OLE

Dostępność	Wydajność	Jakość
<ul style="list-style-type: none"><li>Absencja</li><li>Brak wystarczającego zatrudnienia</li><li>Organizacja pracy</li><li>Złe planowanie materiałów</li><li>Brak płynności produkcji</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Park maszynowy</li><li>Niewystarczająca liczba techników dostępnych do ustawienia sprzętu</li><li>Niedoszacowane wyceny czasów w technologii</li><li>Kompetencje pracowników</li><li>Awarie maszyn</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Park maszynowy</li><li>Wady materiałowe</li><li>Kompetencje pracowników</li><li>Lokalizacja stanowiska roboczego na hali produkcyjnej</li><li>Zmęczenie pracowników</li><li>Naciski ze strony przełożonych</li></ul>

Opierając się na informacjach o występujących problemach i ich skutkach, obliczono wskaźnik OLE, analizując na początku jego główne składniki.

1. Dostępność:

- absencja powoduje niedobór zdolności produkcyjnych wynoszący ok. 10% w każdym okresie,
- złe planowanie materiałów i przemieszczanie się powoduje około godziny przestoju na zmianę, co daje 12,5%.

2. Wydajność:

- niewystarczająca liczba techników dostępnych do ustawienia sprzętu oznacza, że wydajność produkcyjna jest wstrzymywana przy każdej zmianie, czego efektem jest utrata czasu produkcyjnego o ok. 5%.

3. Jakość:

- biorąc pod uwagę brak produktywnych godzin, przełożeni próbują nadrobić stracony czas, pracując z wyższą wydajnością. Rezultatem tego jest wzrost poziomu produkcji wyrobów niezgodnych do 20%.

Na początku obliczono składowe wskaźnika OLE, a następnie wskaźnik.

W analizowanym okresie miesiąca, który miał 21 dni roboczych, na linii zatrudniano 30 pracowników, co z uwzględnieniem 15-minutowej przerwy daje 4 882 godziny dostępności pracowników. Z danych z systemu rejestrującego czas pracy pracowników wynika, że faktycznie w pracy dostępność ich wyniosła: 4 394 godziny. Dodatkowo system potwierdził na stanowisku pracy wskazał na 610 godzin beczynności pracowników. Stąd:

$$\text{Dostępność} = \frac{\text{Potwierdzony czas pracy pracowników}}{\text{Zakładana dostępność}} = \frac{3\,784 \text{ h}}{4\,882 \text{ h}} \times 100\% = 77,5\%.$$



Na podstawie danych z systemu rejestrującego potwierdzenia operacji pracowników zaobserwowano średnie wydłużenie wykonywanych operacji o ok. 5%.

$$\text{Wydajność} = \frac{\text{Planowany czas operacji}}{\text{Czas potwierdzonych operacji}} \cdot 100\% = 95\%.$$

Biorąc po uwagę miesięczny plan produkcyjny, tj. średnio 380 szt. wyrobów gotowych i liczbę wyrobów niezgodnych w badanym okresie, które zostały przekazane do poprawy przez wydziałową kontrolę jakości (76 szt. wystawionych przewodników napraw), można obliczyć wskaźnik jakości dla tej linii w następujący sposób:

$$\text{Jakość} = \frac{\text{Liczba wyrobów zgodnych}}{\text{Liczba wszystkich wyrobów}} \cdot 100\%,$$

$$\text{Jakość} = \frac{(380 \text{ szt.} - 76 \text{ szt.})}{380 \text{ szt.}} \cdot 100\% = 80\%,$$

stąd wskaźnik OLE dla badanej linii to:

$$\text{OLE} = 77,5\% \cdot 95\% \cdot 80\% = 58,9\%.$$

Na podstawie wyników przeprowadzonych obliczeń można zauważyć, że największy wpływ na wartość wskaźnika OLE ma dostępność. Na podstawie czynników, które miały wpływ na wartość wskaźnika OLE, zaproponowano usprawnienia.

### Proponowane rozwiązanie

Zaproponowane usprawnienia dotyczyły następujących obszarów:

1. Organizacja pracy:
  - system organizacji pracy: wprowadzenie zmian, stworzenie brygad,
  - funkcje wspierające organizację pracy: lider, specjalista obszaru produkcyjnego,
  - zapewnienie płynności pracy: elastyczność pracowników, rotacje między liniami.
2. Wykorzystanie zasobów:
  - zwiększenie dostępności maszyn i materiałów,
  - organizacja planu produkcyjnego – zwiększenie spływu produkcji,
  - dostosowanie wielkości serii,
  - wykorzystywanie narzędzi IT,
  - komunikacja techniczna,
  - wielomaszynowość na stanowisku pracy.
3. Rozwój kompetencji:
  - stworzenie macierzy kompetencji pracowników,
  - proces szkoleniowy – wielostanowiskowość pracowników,
  - system motywacyjny,

- wprowadzenie kultury ciągłego doskonalenia,
  - programy współdzielenia wiedzy pomiędzy pracownikami.
4. Analiza wskaźników:
- pulpity analityczne wskaźników wydajności,
  - systemy nadzoru czasu pracy pracowników,
  - systemy nadzoru czasu pracy maszyn,
  - inwentaryzacja kompetencji pracowników – macierzy kompetencji.

Analiza i propozycje doskonalenia dla analizowanej linii produkcyjnej pozwolą zwiększyć efektywność pracowników, a co za tym idzie – zwiększyć przewagę konkurencyjną względem innych producentów. Efektywne wykorzystanie OLE pozwala odkryć dane przyczyn źródłowych i pomaga w określeniu działań naprawczych. Ujawnia trendy, co można wykorzystać do diagnozy bardziej subtelnych problemów. Wskaźnik OLE pomaga managerom zrozumieć, czy działania naprawcze faktycznie rozwiązały problemy i poprawiły ogólną produktywność.

Przewagę konkurencyjną producentów zapewnią trzy rzeczy:

- strumień innowacyjnych produktów, które ekscytują klientów,
- bardzo elastyczne i efektywne łańcuchy dostaw,
- wysoce zmotywowana, efektywna siła robocza.

OLE pomaga producentom rozwinąć wysoce zmotywowaną, efektywną siłę roboczą, pomagając im określić, gdzie ludzie potrzebują lepszych procesów, materiałów, szkoleń lub pośredniego wsparcia.

## **P2. Zastosowanie programów komputerowych w ramach pracy zdalnej w przedsiębiorstwie produkcyjnym (Patrycja Wójcik)**

### **Opis sytuacji**

Analizowane przedsiębiorstwo to uznany producent spawanych konstrukcji stalowych dla przemysłu kolejowego, maszynowego oraz rolniczego. W strukturach firmy znajduje się odlewnia żeliwa produkująca wysokiej jakości odlewy z żeliwa szarego, sferoidalnego oraz fosforowego. Przedsiębiorstwo zatrudnia około 500 osób.

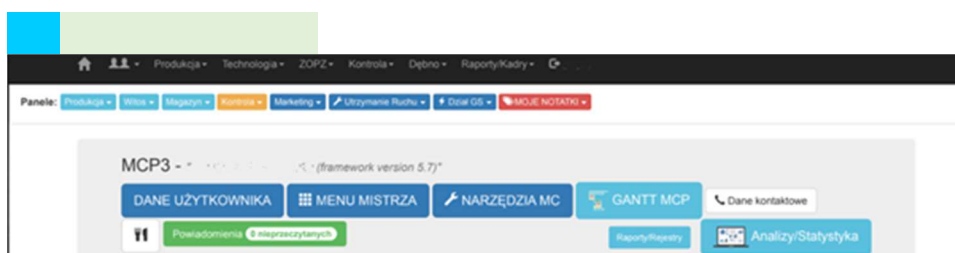
Według Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie ogłoszenia na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu epidemii w okresie od dnia 20 marca 2020 r. do odwołania na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej ogłoszono stan epidemii w związku z zakażeniami wirusem SARS-CoV-2 (<https://isap.sejm.gov.pl/>). Przepisy zakładają, że aby zapobiec rozprzestrzenianiu wirusa Sars-CoV-2, pracodawca może zlecić swoim pracownikom wykonywanie pracy poza miejscem zatrudnienia, w określonym czasie – praca zdalna. W rozumieniu ustawy jako przeciwdziałanie wirusowi uznaje się wszystkie czynności związane z zapobieganiem jego rozprzestrzenianiu się, szeroko pojętą profilaktyką, zwalczaniem skutków zakażeń. Z tego powodu każdy pracodawca może wydać pracownikowi polecenie pracy zdalnej, ze względu na profilaktykę. Zasady zatrudnienia w formie pracy zdalnej reguluje Kodeks pracy (<http://www.polskie>



ustawy.com/). Przepisy te obowiązują od 16 października 2007 r. Według art. 675 aktu prawnego praca zdalna to praca polegająca na regularnym wykonywaniu pracy poza miejscem zatrudnienia z wykorzystaniem środków komunikacji elektronicznej. Za osobę pracującą zdalnie można uznać pracownika, który wykonuje swoją pracę w tych warunkach i przekazuje pracodawcy jej wyniki, wykorzystując do tego ww. środki komunikacji elektronicznej.

Ze względu na wzrost zachorowań (również kilka potwierdzonych przypadków na terenie przedsiębiorstwa), znaczna część pracowników musiała poddać się kwarantannie. Z tego powodu w analizowanym przedsiębiorstwie produkcyjnym postanowiono wdrożyć pracę zdalną. Dotyczy ona wszystkich stanowisk, na których jest możliwa (dział księgowości, dział kadr, dział planowania, zarząd, dział konstrukcyjno-techniczny). W sumie 60 osób może pracować w sposób zdalny. Zastosowanie pracy zdalnej wiąże się z wprowadzeniem do przedsiębiorstwa programów komputerowych umożliwiających wykonywanie pracy z domu.

Do tej pory osoby zatrudnione pracowały jedynie w systemie stworzonym na potrzeby firmy, utworzonym przez informatyków pracujących w firmie, opracowanym wyłącznie dla tego przedsiębiorstwa (rys. P2.1). System ten umożliwia stacjonarne i zdalne zarządzanie produkcją planowaną i bieżącą, kontrolą jakości, obsługą magazynów oraz sterowaniem produkcją. W systemie utworzone są bazy danych zawierające przewodniki, karty pracy, karty ustawcze, harmonogramy produkcji, rejestry przewodników. Dodatkowo dział księgowości wykorzystuje system Comrach ERP XL.



Rys. P2.1 Strona główna programu przedsiębiorstwa

Źródło: Opracowanie własne.

Wykorzystywane do tej pory programy nie umożliwiają swobodnego kontaktu pracowników, przez co wykonywana praca nie może być w łatwy sposób kontrolowana. Przedsiębiorstwo nie posiada również dodatkowych licencji do oprogramowania CAD umożliwiających zainstalowanie ich na komputerach służbowych pracowników zajmujących się rysunkami technicznymi projektów firmy. Dodatkowo nie ma możliwości prowadzenia wideokonferencji, co komplikuje sprawę podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie i omawiania ważnych dla przedsiębiorstwa spraw (np. planowania i harmonogramowania produkcji). Mimo że każdy pracownik posiada swoje konto na poczcie e-mail, to jednak prowadzenie obrad „mailowo” nie przyniesie takich rezultatów jak wideokonferencja.



## Analiza

Aby praca zdalna mogła się odbywać w sposób umożliwiający wykonywanie obowiązków pracowników i zachowanie jakości usług oferowanych przez przedsiębiorstwo, należy zapewnić pracownikom dostęp do sprzętu służbowego oraz programów komputerowych. Wykorzystywane programy muszą pozwalać na swobodny kontakt między wszystkimi zatrudnionymi. Dodatkowo pracownicy muszą mieć dostęp do informacji (baz danych), dzięki którym będą mogli wykonywać swoją pracę tak, jakby wykonywali ją w normalnej formie. Firma musi utworzyć procedury pracy zdalnej umożliwiające kontrolę wykonywanej pracy, a także rozliczenie czasu pracy. W przedsiębiorstwie musi być zapewniony swobodny przepływ dokumentacji.

Należy zastosować środki bezpieczeństwa, takie jak szyfrowanie dysku twardego, wylogowanie automatyczne po okresie bezczynności, filtry prywatyzujące, silne uwierzytelnianie i kontrola oraz szyfrowanie wymiennych nośników danych (np. dyski USB). Sprzęt musi być wyposażony w opcję zdalnego dezaktywowania na wypadek zagubienia lub kradzieży. Aby zapewnić bezpieczny dostęp zdalny, można zezwolić pracownikom na łączenie się z siecią firmową wyłącznie za pośrednictwem służbowego VPN (ang. *Virtual Private Network* – wirtualna sieć prywatna) z uwierzytelnianiem wieloetapowym oraz wprowadzić wymóg ponownego logowania do zdalnej sesji, aktywowany automatycznie po określonym okresie bezczynności. Aby praca mogła przebiegać w sposób sprawny, można wprowadzić konkretne cele, harmonogram pracy oraz mechanizmy monitorowania, w miarę możliwości elastyczne, biorąc pod uwagę okoliczności.

Każdy pracownik powinien mieć utworzone własne konto pracownicze w programie, który jest obecnie stosowany w firmie oraz maila służbowego umożliwiającego przesyłanie dokumentacji i kontakt z klientami. Aby uniknąć ataków cyberprzestępców, można zastosować uwierzytelnianie wieloetapowe w celu zyskania dostępu do służbowych kont e-mail.

W celu kontaktu pracowników można wprowadzić program pakietu MS Office 354-MS Teams. MS Teams to narzędzie, które łączy typowe zadania z możliwością prowadzenia wideokonferencji i połączeń głosowych. Umożliwia ustalenie spotkań dla zespołów, wymianę i udostępnianie plików, dostęp do innych aplikacji oraz plików. Dzięki zastosowaniu tego programu możliwe będzie przeprowadzenie zebrań oraz narad zarządu. Do działania programu konieczne jest posiadanie w firmie subskrypcji pakietu Office 365. Program MS Teams jest więc przeznaczony zarówno dla dużych korporacji, jak i małych oraz średnich przedsiębiorstw, które zdecydują się na zakup i opłacanie pakietu Office 365. Należy również podkreślić, że MS Teams pozwala na dodawanie gości do konta Azure Active Directory. Oznacza to, że zespoły pracujące nad danym problemem, potrzebujące konsultacji z osobą niezależną, mogą dodać jego indywidualne konto do zespołu i dzięki temu pracować z ekspertem danej dziedziny do czasu zakończenia konkretnego projektu.



Kolejnym programem umożliwiającym łatwy kontakt między pracownikami jest Spark. Jest to komunikator internetowy, stworzony przy użyciu Java. Spark umożliwia prowadzenie czatu grupowego, prowadzenie rozmów i konferencji głosowych oraz przesyłanie plików. Każdy pracownik musi mieć utworzone konto. Program posiada możliwość sprawdzania pisowni. Najważniejszą cechą programu jest to, że komunikacja przy jego użyciu jest domyślnie szyfrowana.

W pracy zdalnej można również zastosować usługę świadczoną przez Dropbox Inc. Polega ona na udostępnieniu przestrzeni dyskowej na wszystkich serwerach przedsiębiorstwa. Wszelkie operacje, takie jak przeglądanie, pobieranie danych oraz ich wysyłanie jest możliwe przy użyciu zwykłej przeglądarki internetowej lub przez dedykowaną aplikację zainstalowaną na komputerach lub innych urządzeniach. Dropbox w przedsiębiorstwach jest wykorzystywany przede wszystkim w celu przechowywania kopii zapasowych i synchronizowania plików między urządzeniami.

### **Opis rozwiązania**

Analizowane przedsiębiorstwo w celu udoskonalenia pracy zdalnej zdecydowało się na zakup dodatkowego sprzętu informatycznego dla pracowników. Aby umożliwić pracę osób z działu konstrukcyjno-technicznego, wykupiono dodatkowe licencje oprogramowania CAD (głównie Solid Works).

Firma zdecydowała się również na oprogramowanie MS Office Business, dzięki któremu wszyscy będą mieli dostęp do narzędzi niezbędnych do pracy, takich jak Word, Excel, Power Point itd. Ponadto oprogramowanie umożliwia założenie pracownikom kont programu MS Teams. Wykorzystanie tego programu podczas zebrań i narad umożliwi swobodną konwersację pracowników, a co za tym idzie – praca zdalna będzie równie efektywna co stacjonarna. Aby tak się stało, opracowano harmonogramy narad. Dzięki funkcjom pakietu MS Teams firma będzie miała kontrolę nad przebiegiem spotkań zdalnych, a pracownicy będą mieć swobodny dostęp do plików i danych potrzebnych do pracy. Stworzono również konta dla gości – osób, które nie pracują w przedsiębiorstwie, jednak z wielu powodów powinny brać udział w rozmowach (dostawcy, klienci). Każdy pracownik uzyskał również dostęp do aplikacji Spark. Umożliwi to łatwiejszy kontakt w razie nagłych sytuacji.

Utworzono procedury rejestracji godzin pracy. Każdy pracownik ma dostęp do arkusza kalkulacyjnego, w którym zamieszczono kalendarz pracy, harmonogramy spotkań, wprowadzono również miejsce do godzinowego rejestrowania pracy.

Na stronie internetowej firmy powstała aplikacja, dzięki której potencjalni klienci, jak również dostawcy mogą się umawiać na zdalną rozmowę z odpowiednimi osobami. System pozwala wybrać interesującą dla danego podmiotu godzinę. Następnie drogą mailową przesyłane są dane do zalogowania w aplikacji, w której rozmowa będzie przeprowadzana.

Informatycy przedsiębiorstwa zajęli się wzmocnieniem zabezpieczeń firmy oraz procedurami postępowania w razie ewentualnego aktu cyberprzestępcy.

Stworzono system szyfrujący dane, a wszystkie urządzenia pracowników przygotowano do pracy przez zainstalowanie odpowiedniego oprogramowania. Upewniono się, że system operacyjny i oprogramowanie urządzeń są aktualne, zawierają program antywirusowy oraz chroniący przed *malware* (programami stworzonymi w celu zainfekowania urządzeń, ułatwiający potencjalne ataki hakerskie), a połączenie jest zabezpieczone przez VPN zatwierdzony przez firmę.

Kolejnym etapem udoskonalenia pracy zdalnej jest rozbudowanie autorskiego systemu firmy o dodatkowe funkcje:

- wprowadzono możliwość ustalania przez produkcję zasobów tygodniowych – analiza obciążeń względem tych danych,
- do narzędzia wstawiającego dane do wykresu Gantta (makroprogram Excel) dodano funkcjonalność pozwalającą na sprawdzanie obciążenia przy każdym wstawieniu informacji o produkcji do planu,
- dodano dostęp do danych pracowników (dane kontaktowe) oraz strukturę zatrudnienia,
- umieszczono bazę list premiowych umożliwiających zdalne nadzorowanie godzin pracy, wykonania planów itd.,
- wprowadzono rejestr ewentualnych reklamacji,
- utworzono system notyfikacji pracowniczych – dodano odczyt historii własnych powiadomień wraz ze sprawdzeniem, jakie wiadomości pracownik otrzymał i kiedy potwierdził ich odczytanie.

Dzięki zastosowaniu przedstawionych rozwiązań praca w analizowanej firmie może przebiegać bez zakłóceń, co sprawi, że jakość oferowanych usług będzie cały czas na niezmiennie wysokim poziomie.

## Bibliografia

- [1] <https://isap.sejm.gov.pl/> (dostęp: 11.12.2020). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie ogłoszenia na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu epidemii na podstawie art. 46 ust. 2 i 4 ustawy z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz.U. z 2019 r., poz. 1239 i 1495 oraz z 2020 r., poz. 284, 322 i 374).
- [2] <http://www.polskieustawy.com/> (dostęp: 11.12.2020).

## P3. Wprowadzenie coachingu dla trenerów wewnętrznych firmy z branży lotniczej (Anna Krzyszkowska)

### Opis sytuacji

Analizowane przedsiębiorstwo zajmuje się naprawą silników lotniczych. Jest to firma, która powstała w 2017 r., a aktywną działalność prowadzi od grudnia 2019 r. Firma została założona przez dwie firmy matki, które początkowo prowadziły szkolenia dla nowych pracowników firmy. Od kilku miesięcy firma jest na etapie intensywnego usamodzielniania się. Pomoc ze strony firm matek ogranicza się do doraźnych konsultacji.



Jako młoda firma, która dynamicznie się rozwija i jest na etapie ciągłego zatrudniania pracowników, musi wciąż prowadzić szkolenia dla nowego personelu, a także przeprowadzać szkolenia przypominające. W tym celu w firmie wybrano pracowników, których uznano za specjalistów z danej dziedziny. Poza podstawowymi obowiązkami prowadzą oni szkolenia dla pozostałych pracowników firmy. Są to szkolenia z zakresu:

- zakupów,
- logistyki,
- kontroli eksportu i cła,
- dokumentacji obsługowej,
- budowy i naprawy silnika,
- prawa lotniczego,
- czynnika ludzkiego,
- wewnętrznych procesów jakościowych,
- certyfikacji,
- identyfikowalności komponentów,
- kontroli dostawców.

Zarówno ze strony pracowników, jak i trenerów zaczęły się pojawiać głosy o niezadowoleniu ze szkoleń prowadzonych wewnątrz firmy. Główne problemy zgłoszone przez personel przedstawiono w tab. P3.1.

Tabela P3.1. Powody niezadowolenia pracowników ze szkoleń wewnętrznych

Problemy zgłaszane	
przez pracowników	przez trenerów
Szkolenia są zbyt długie/krótkie	Zbyt mała/duża ilość czasu poświęcona na szkolenie
Szkolenia są nudne	Brak przygotowania do prowadzenia szkoleń
Szkolenia są zbyt teoretyczne, nie odnoszą się do procesów firmy	Czas na prowadzenie szkoleń zabiera zbyt dużo czasu pracy
Trener jest zbyt młody	Problem z zapanowaniem nad grupą

Źródło: Opracowanie własne.

## Analiza

W celu zbadania źródła problemu specjalista ds. szkoleń wrywkowo pojawiał się na szkoleniach każdego z trenerów. Wizyty te miały doprowadzić do ustalenia przyczyn źródłowych niezadowolenia personelu firmy – zarówno uczestników szkoleń, jak i trenerów. Dodatkowo wprowadzono ankiety dla uczestników. Mieli w nich wyrażać swoje opinie na temat szkoleń, w których brali udział. Ankiety były anonimowe, a ich treść nie została przedstawiona trenerom.

Aby poprawić proces podnoszenia wiedzy i kompetencji pracowników Dział Szkoleń zdecydował się stworzyć organizację w firmie nazwaną Akademią. Na pierwszym spotkaniu trenerom wewnętrznym firmy zaprezentowano wyniki

przeprowadzanych obserwacji oraz wniosków z ankiet. Ogólny wniosek mówił, że trenerzy mają wystarczającą wiedzę w dziedzinach, z których prowadzą szkolenia, brak im jednak doświadczenia na stanowisku trenera. Młodzi trenerzy nie radzili sobie z dużymi grupami, a także ze starszymi pracownikami. Jakość prowadzonego szkolenia zależała w znacznym stopniu od zachowania jego uczestników.

### Opis rozwiązania

Aby rozwiązać problem, zdecydowano się na wprowadzenie *coachingu* w firmie dla trenerów wewnętrznych. Trenerom został przedstawiony plan, zgodnie z którym oni sami mieli być skierowani na szkolenia, które miały podnieść ich kompetencje jako trenerów.

Plan składał się z trzech etapów:

- I. Program szkoleń narzuconych, mających na celu zwiększenie kompetencji na stanowisku trenera.
- II. Dwa szkolenia rocznie, dowolnie wybierane przez każdego z uczestników Akademii.
- III. Regularne spotkania dla Akademii prowadzone przez Dział Szkoleń.

### Etap I

Ten etap zawierał szkolenia prowadzone przez firmy zewnętrzne. Są to szkolenia w formie spotkań z *coachami* – zawodowcami. Przykładowymi szkoleniami, które przeprowadzono, są:

- Cykl Kolba – omawiający, jak prowadzić szkolenia dla dorosłych, z jakich etapów powinny się składać szkolenia, by uczestnicy mogli się czegoś nauczyć oraz jakie są poziomy skupienia w trakcie trwania szkolenia,
- Jakim typem trenera jestem? – każdy trener z pomocą *coacha* odkrywał to, jakim jest typem trenera, a co za tym idzie – jakie są jego mocne i słabe strony. Na czym powinien się skupiać, prowadząc szkolenia, a czego musi unikać,
- Kogo uczyć? – szkolenie pokazujące, że szkoląc, można trafić na różne typy osobowości. Każdy uczestnik szkolenia może podchodzić inaczej do problemu/zagadnienia. Szkolenie miało pokazać, jak rozmawiać z różnymi ludźmi,
- Proksemika i język ciała – Co mówię, gdy nic nie mówię? – Szkolenie miało pokazać, jak ważne jest zachowanie podczas prowadzenia szkoleń, jak inni odbierają nasze gesty, sposób, w jaki stoimy, jakie znaczenie ma odległość podczas rozmowy. Na szkoleniu zostały również zaprezentowane techniki przyciągania uwagi.

### Etap II

Każdy z trenerów mógł wybrać dowolne dwa szkolenia. Narzucono jednak jeden warunek: jedno ze szkoleń ma dotyczyć umiejętności miękkich, natomiast drugie musi być szkoleniem z umiejętności twardych. Przy wyborze szkoleń trenerom zawsze pomagał specjalista ds. szkoleń, upewniając się, że każdemu został zaprezentowany pełen wachlarz możliwych szkoleń do wyboru.



Trenerzy wybrali m.in. takie szkolenia, jak:

- efektywna komunikacja,
- zarządzanie czasem pracy,
- kontrola emocji w miejscu pracy,
- obsługa programów, np. Excel, Word,
- znajomość przepisów prawa FAA (ang. *Federal Aviation Administration*).

### **Etap III**

Dział Szkoleń organizował spotkania dla Akademii w formie dyskusji moderowanej. Spotkania te miały na celu analizę szkoleń, które zostały przeprowadzone dla trenerów oraz sprawdzenia, czy przyniosły one jakąś poprawę w codziennej pracy trenerów. Uczestnicy Akademii mogli się wzajemnie wymieniać swoimi spostrzeżeniami oraz udzielać sobie wzajemnie rad na podstawie zdobytego doświadczenia. Dodatkowo po zakończeniu etapu I Dział Szkoleń ponownie przeprowadził ankiety wśród pracowników firmy i okazało się, że oceny szkoleń były wyższe, pracownicy lepiej oceniali trenerów oraz to, w jaki sposób zaczęli prowadzić szkolenia.

*Coaching* to metoda wykorzystywana przez firmy, by podnosić kwalifikacje pracowników. Jest to metoda nauki, która jednocześnie stwarza ogromne możliwości dla pracowników i pozwala lepiej wykorzystać ich potencjał. Dzięki wykorzystaniu *coachingu* poprawiono jakość szkoleń wewnętrznych w firmie. Dodatkowym bardzo pozytywnym efektem było to, że trenerzy przestali swoją funkcję traktować jako dodatkowy obowiązek, a zaczęli ją postrzegać jako wyróżnienie, które umożliwia im podnoszenie kwalifikacji i zdobywanie nowych umiejętności.

## **P4. Wdrożenie coachingu w firmie z branży lotniczej (Artur Zbyrad)**

### **Opis sytuacji**

Analizowane przedsiębiorstwo to firma z branży lotniczej, której główną działalnością jest obsługa poprodukcyjna śmigłowców (segment MRO – *Maintenance, Repair & Overhaul*). Obecnie przedsiębiorstwo opiera się tylko na doświadczonych pracownikach umysłowych szczebla *mid* lub *senior*, czyli pracownikach o co najmniej trzyletnim stażu pracy lub w przypadku stanowisk seniorskich z minimum 5-10 latami doświadczenia zawodowego. Firma nie zatrudnia pracowników bez branżowego doświadczenia. Wiąże się to z trudnościami w znalezieniu odpowiednio wykwalifikowanych pracowników na rynku pracy. Jako rozwiązanie tego problemu firma rozważa stworzenie i wprowadzenie procesu *coachingu* w pierwszych 3 miesiącach pracy nowo zatrudnionej osoby w systemie *on-the-job*, czyli w czasie pracy pod okiem starszego inżyniera. Wprowadzenie takiego procesu umożliwi rekrutację młodych inżynierów, którzy dopiero skończyli naukę na uczelni, zatrudnionych na stanowiskach szczebla junior.

## Analiza

Przedsiębiorstwo poddane analizie wykorzysta *coaching* jako jedną z interaktywnych metod pozwalających na rozwój potencjału pracowników, tak aby odpowiednio przygotować zatrudnionych pracowników do realizacji ich służbowych obowiązków lub w przyszłości do zmiany stanowiska lub przejęcia większej odpowiedzialności. *Coaching* w firmie będzie ukierunkowany na nabycie praktycznych umiejętności i dedykowany indywidualnym osobom lub grupie osób nowo zatrudnionych. Celem poszczególnych spotkań *coachingowych* będzie rozpoznanie potencjału pracowników i ukierunkowanie ich na rozwój w organizacji, przy zastosowaniu konkretnych działań. Znaczna część rozwoju osoby trenowanej to realizacja powierzonych ćwiczeń i zadań. Osoby biorące udział w tym procesie nie zawsze są chętne do udziału w sesjach *coachingowych*. Pracownik, który zdecyduje się na *coaching*, musi wykazywać pozytywne nastawienie na rozwój czy zmianę. Aby wspomóc rozwój pracowników w firmie, *coaching* musi opierać się z jednej strony na umiejętności zadawania pytań, a z drugiej – na słuchaniu. Praca trenera, co do zasady, nie polega na wskazaniu gotowego rozwiązania, a raczej na nakierowaniu, pomocy w jego znalezieniu. W celu zapewnienia korzyści wszystkim stronom uczestniczącym w procesie *coachingu* należy podejmować racjonalne działania, począwszy od przygotowania procesu, na rezultatach skończony. Zwraca się uwagę na to, aby wszystkie działania podejmowane w przedsiębiorstwie w ramach *coachingu* (tab. P4.1) miały charakter interaktywny, co ma duże znaczenie nie tylko w bieżącej działalności przedsiębiorstwa, lecz także w podejmowaniu nowych wyzwań.

Tabela P4.1. Działania realizowane w procesie coachingu w analizowanym przedsiębiorstwie

Działanie	Określenie działania
Przygotowanie do procesu <i>coachingu</i>	W procesie <i>coachingu</i> niezbędne jest przygotowanie osoby trenowanej do uczestnictwa w sesjach <i>coachingowych</i> . W przypadku trenera pożądane jest solidne przygotowanie merytoryczne. W przypadku osoby trenowanej – pozytywne podejście i chęć do podejmowania wyznaczonych zadań
Doświadczenie <i>coacha</i>	Wymagane jest doświadczenie trenera w realizacji sesji z podopiecznymi
Wyznaczenie standardów pracy	Standardy pracy oparte są na kompetencjach osobistych i zawodowych posiadanych przez <i>coacha</i>
Organizacja sesji <i>coachingowej</i>	Obejmuje zarówno przygotowanie sesji, jak i komunikowanie przez przełożonych, w jakim celu zapraszany jest do współpracy <i>coach</i> . Trener na początku zaznajamia swoich podopiecznych z procesem, ustala zasady współpracy, terminy i warunki spotkań, które uwzględniają potrzeby pracowników uczestniczących w procesie
Możliwość wyboru <i>coacha</i>	Pracownik ma możliwość spotkania się z dwoma <i>coachami</i> i wybrania tego, którego preferuje
Przebieg sesji <i>coachingowej</i>	<i>Coach</i> , zapoznany z oczekiwaniami swoich podopiecznych, realizuje poszczególne sesje, pomagając pracownikowi w rozwiązaniu problemów. Częstotliwość spotkań jest dostosowana do potrzeb rozwojowych osób trenowanych



Tabela P4.1 (cd.). Działania realizowane w procesie coachingu w analizowanym przedsiębiorstwie

Działanie	Określenie działania
Sprawdzenie/weryfikacja procesu	Zorganizowanie spotkania po upływie 3 miesięcy, w celu omówienia problemów, jakich doświadczyła osoba trenowana w trakcie wdrażania programu rozwojowego oraz ustalenia (ewentualnych) kolejnych kroków prowadzących do dalszego rozwoju. Przekazanie dokumentów stwierdzających ukończenie procesu

Źródło: Opracowanie własne.

*Coaching*, z perspektywy kierownictwa omawianego przedsiębiorstwa, jest skutecznym narzędziem rozwijającym potencjał pracowników i ułatwiającym sprawne przejście służbowych obowiązków. Pozytywne rezultaty wynikające z zastosowania *coachingu* w przedsiębiorstwie przejawiają się w rozwoju kompetencji społecznych u poszczególnych pracowników, we wzroście kompetencji komunikacyjnych istotnych w pracy zespołowej, w zwiększeniu wydajności pracy oraz satysfakcji i zaangażowania w pracę, w lepszym wykorzystaniu czasu pracy, a także lepszej organizacji pracy.

## P5. Optymalizacja procesu pracy pracowników przez wdrożenie w przedsiębiorstwie innowacyjnego systemu poczty pneumatycznej (Aneta Walawender)

### Opis problemu

Opisywane przedsiębiorstwo zajmuje się obsługą liniową, jak również bazową śmigłowców, które należą do klientów z całego świata. W ramach obsługi dokonywane są przeglądy, modyfikacje i remonty helikopterów, a także naprawa komponentów. Hangar, w którym są realizowane prace, to nowoczesny budynek dający możliwość jednoczesnej obsługi 6 śmigłowców. Wyposażony jest w najwyższej klasy sprzęt techniczny i narzędzia. Obecnie, mając dalsze możliwości rozwoju, firma postanowiła usprawnić swoje działania przez zainstalowanie systemu poczty pneumatycznej, za pomocą której pracownikom będą dostarczane narzędzia, jak również części potrzebne na danym stanowisku roboczym (Dziechciowski i in., 2014). Takie rozwiązanie w znacznym stopniu usprawni pracę zatrudnionych, jak również skróci czas naprawy.

### Analiza

Przed wdrożeniem tej technologii proces pobierania narzędzi oraz części wyglądał następująco:

1. Mechanik musiał przyjść na magazyn i zgłosić, że danej rzeczy potrzebuje.
2. Pracownik magazynu szukał tej części i po znalezieniu przekazywał część/narzędzie mechanikowi.
3. Pracownik wracał z częścią na stanowisko robocze, a po zakończeniu pracy odnosił do magazynu uprzednio wypożyczone narzędzie.



Niestety, w takim systemie pracy bardzo często dochodziło do przykładowych sytuacji, gdzie:

- kilku mechaników w jednym czasie potrzebowało konkretnych narzędzi i pojawiali się w tym samym czasie w magazynie. Pracownik magazynu nie mógł jednocześnie obsłużyć wszystkich mechaników, co powodowało opóźnienia oraz niepotrzebną stratę czasu w oczekiwaniu na części. Pracownik w magazynie pod wpływem presji czasu bardzo często się mylił, np. zapisując daną rzecz na innego mechanika niż ten, który w rzeczywistości część pobrał,
- części bardzo często ginęły ze względu na nieodkładanie ich w określone miejsca po bezpośrednim zakończeniu ich używania, gdyż pracownicy niechętnie chodzili z pojedynczymi częściami na magazyn.

Przed podjęciem decyzji o wdrożeniu wspomnianej inwestycji (w myśl zasady, że pracownik, który wykonuje daną pracę, wie najlepiej, jakie działania mogą mu w tej pracy pomóc, a jakie zaszkodzić) zostały podjęte konsultacje z pracownikami ustalające, czy uważają oni, że takie rozwiązanie jest potrzebne:

- 70% pracowników odpowiedziało, że jest to potrzebne,
- 10%, że nie widzi potrzeby,
- 20% było nastawionych neutralnie.

Po podjęciu decyzji o wdrożeniu tego systemu firma ogłosiła przetarg. Po przejrzeniu wszystkich zgłoszonych ofert zastała wybrana najlepsza pod względem stosunku jakości do ceny. Następnym etapem było wykonanie szczegółowego projektu instalacji. Po zatwierdzeniu projektu firma odpowiedzialna za wykonanie rozpoczęła montaż. Następnie system przechodził testy, m.in. zgodności z założeniami projektowymi czy bhp. Po uzyskaniu pozytywnych wyników odbywały się szkolenia pracowników z obsługi nowego systemu. Podstawowe elementy poczty, jakie zostały zainstalowane, to:

- szczelna sieć rur transportowych,
- zwrotnice pojemnikowe, które łączą linie rurociągów oraz kierują je do poszczególnych stacji,
- dmuchawy wytwarzające odpowiednie ciśnienie lub podciśnienie powietrza,
- stacje nadawcze i odbiorcze,
- komputer sterujący oraz elektroniczne układy sterowania i kontroli.

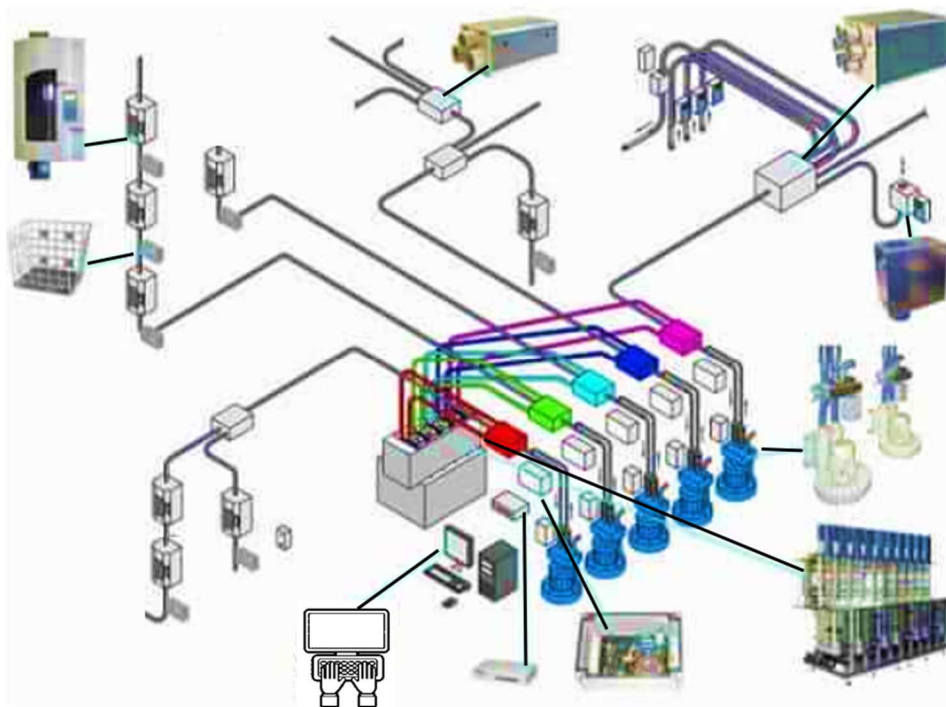
Dzięki takiemu rozwiązaniu proces transportu części został zautomatyzowany i w porównaniu ze stanem poprzednim funkcjonuje lepiej.

### **Proponowane rozwiązanie**

Zasada działania poczty jest następująca: dmuchawy wytwarzają podciśnienie lub nadciśnienie w rurach transportowych, za pośrednictwem którego dokonuje się transport dobranych wcześniej pojemników (rys. P5.1). Na podstawie otrzymanych sygnałów ze stacji nadawczej komputer sterujący wyznacza trasę dla pojemnika i jednocześnie wysyła sygnały sterujące do odpowiednich urządzeń, a w tym



czasie pojemnik (rys. P5.2) z zawartością precyzyjnie i bezpiecznie, z żądaną prędkością, przemieszcza się w kierunku stacji odbiorczej.



Rys. P5.1. System poczty pneumatycznej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://poczta-pneumatyczna.org/>.



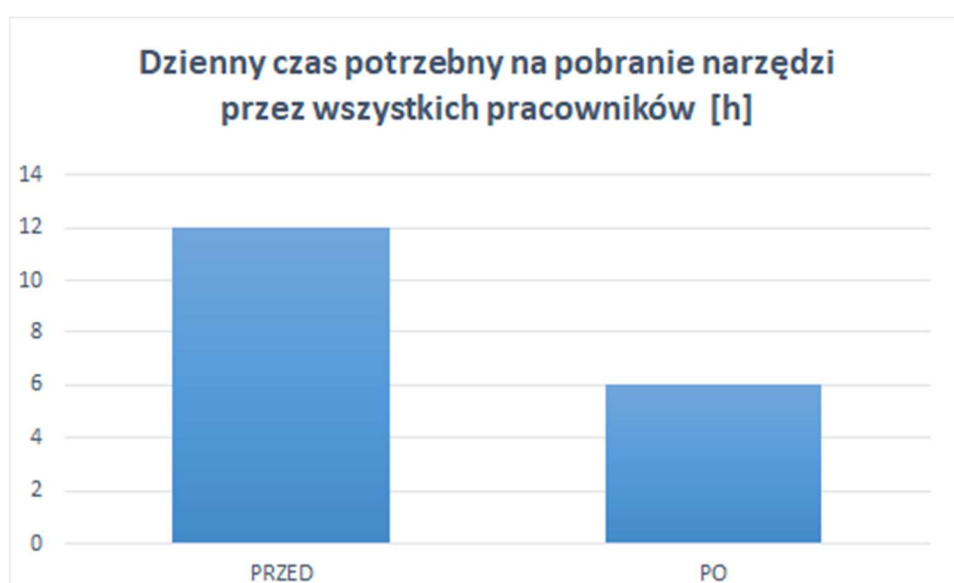
Rys. P5.2. Pojemnik poczty pneumatycznej

Źródło: <http://polskapoczta-pneumatyczna.pl/>.

Narzędzie czy części są transportowane w odpowiednio dopasowanych pojemnikach. Pojemnik wkłada się do stacji nadawczej i na jej panelu sterującym wybiera się konkretne stanowisko robocze. Na podstawie tych danych komputer sterujący wyznacza trasę dla pojemnika i wysyła sygnały sterujące do odpowiednich dmuchaw i zwrotnic, a pojemnik z zawartością precyzyjnie przemieszcza się

w kierunku stacji roboczej. Pocztą pneumatyczną można transportować przedmioty o wadze od 1 gr do 28 kg, o średnicy do 30 cm i długości do 50 cm. Mogą to być np. klucze, śruby, podkładki, uszczelki, wężyki. Zastosowane oprogramowanie kontrolujące umożliwia łatwe śledzenie przesyłek, pełen dostęp do statystyk transmisji, tryb symulacji zdarzeń do celów szkoleniowych i testowych, eksport danych do celów raportowych oraz bezpośrednie połączenie zdalne, np. w celach serwisowych.

Aby uzasadnić tę inwestycję, przed jej wprowadzeniem obliczono średni czas, jaki jeden pracownik musi poświęcić na pobranie potrzebnych mu części i narzędzi z magazynu. Każdego dnia była to ok. 1 h. Licząc, że w zakładzie pracuje jednocześnie 12 mechaników, w ciągu jednego dnia pracownicy tracili łącznie ok. 12 h. Po wprowadzeniu innowacji jeden pracownik potrzebuje ok. 0,5 h łącznie na pobranie i zwrócenie pobranych części oraz narzędzi, czyli połowę czasu mniej. Łącznie wszyscy pracownicy potrzebują dziennie około 6 h. Potrzebny czas zmniejszył się o ok. 50% (rys. P5.3). Również do zera została wyeliminowana możliwość pomyłek, gdyż każdy pracownik zamawia części/narzędzia ze swojego indywidualnego konta. Ograniczyło to również liczbę zaginionych części.



Rys. P5.3. Dzienny czas potrzebny na pobranie narzędzi przez wszystkich pracowników

Źródło: Opracowanie własne.

Wprowadzona innowacja w znaczny sposób przyczyniła się do usprawnienia procesu naprawy. Rezygnacja z dotychczasowego rozwiązania, przez jego zautomatyzowanie, w sposób pozytywny wpłynęła na jakość zarządzania. We współczesnych czasach, gdy cały świat dąży do automatyzacji zgodnie z założeniami Przemysłu 4.0, stosowanie takich innowacji w coraz szerszym zakresie jest nie-

uniknione. Wszystkie firmy, jeśli mają możliwość poprawy swoich warunków pracy, jakości usług, skrócenia czasu procesów itp., powinny inwestować w takie rozwiązania, które przynoszą korzyści i oszczędności.

## Bibliografia

[1] Dziechciowski Z., Czerwiński A., Kozłowski I. (2014), Współczesne rozwiązania i zastosowania systemów poczty pneumatycznej. *Logistyka*, 6, 3438-3449.

## P6. Możliwości poprawy organizacji pracy warsztatu dzięki metodzie 5S (Magdalena Wisz)

### Opis sytuacji

Analizowany warsztat jest miejscem pracy konserwatorów gaśnic. Na stanowisku znajdują się różnego rodzaju urządzenia i maszyny: urządzenie do napełniania gaśnic proskowych, przetłaczarka CO<sub>2</sub>, kompresor, agregat do malowania. W warsztacie jest również umieszczona kabina malarska, gdzie pracownicy czyszczą oraz pokrywają farbą elementy gaśnic, węży pożarowych, hydrantów itd. Znajdują się tam różnego rodzaju pudełka, gdzie umieszczane są śruby, nakrętki oraz niewielkie narzędzia. W tym miejscu panuje duży chaos. Można zauważyć brak organizacji narzędzi i elementów potrzebnych do wykonania przeglądu, konserwacji oraz napraw sprzętu gaśniczego.

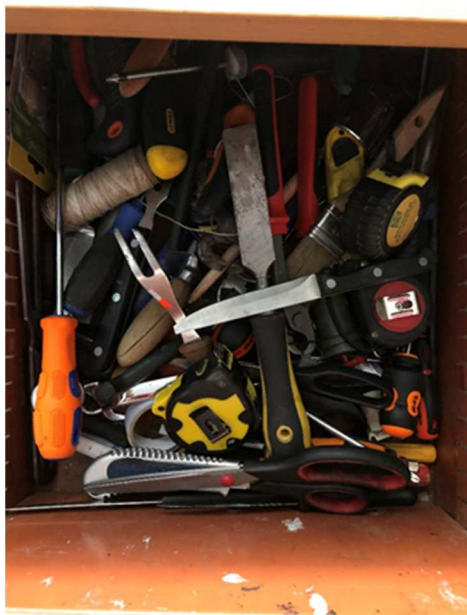
Gaśnice przeznaczone do przeglądu stoją na podłodze, co stanowi zagrożenie potknięcia się, ale także powoduje pomyłki, ponieważ znajdują się one w tym samym miejscu, gdzie jest umieszczany sprzęt po konserwacji przeznaczony do wysyłki dla klienta. Konserwatorzy mają zły nawyk przelewania substancji typu rozpuszczalniki, oleje do mniejszych pojemników i butelek, tak aby nie zajmowały one zbyt dużo miejsca. Nie opisują, ani nie znakują ich jednak odpowiednio, dlatego jest to zdecydowanie praktyka, którą należy bezzwłocznie wyeliminować.

Stół warsztatowy (rys. P6.1) jest zakurzony i pokryty proszkiem gaśniczym. Znajdują się na nim porzucane różnego rodzaju rzeczy, niepotrzebne lub niesprawne narzędzia. W szafce przeznaczonej na potrzebne pracownikowi narzędzia (rys. P6.2) znajdują się przypadkowe przedmioty. Ostre narzędzia typu noże, piłki, wymienne ostrza nie są zabezpieczone, co zwiększa ryzyko wypadku i skaleczenia.

Część kartek kontrolnych przyklejanych na gaśnice jest przechowywana w przypadkowych miejscach. Nie są zabezpieczone, przez co się niszczą, w większości przypadków nie nadają się do wykorzystania i trzeba je wyrzucić. Nieuporządkowane miejsce powoduje dezorientację pracowników i kłopoty związane z odnalezieniem potrzebnych elementów, a co za tym idzie – marnotrawstwo czasu.



Rys. P6.1. Stół warsztatowy



Rys. P6.2. Szafka na narzędzia

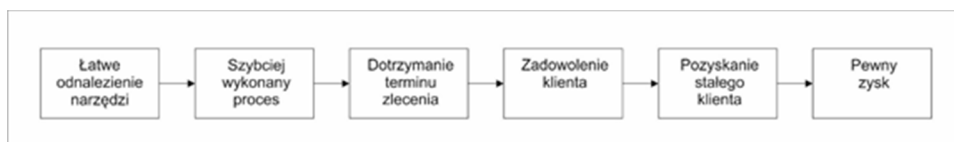
## Analiza

5S jest zbiorem zasad organizacji różnego rodzaju miejsc pracy. Nazwa tej metody pochodzi od pierwszych liter pięciu japońskich słów, które jednocześnie stanowią kolejne etapy jej wdrażania, a mianowicie: Seri, Seiton, Seiso, Seiketsu oraz Shitsuke, czyli: Systematyka, Sprzątanie, Schłudność, Samodyscyplina (Kamieński i Sieczkowski, 2019). Potocznie uznaje się metodę 5S za narzędzie do wprowadzenia i zachowania porządku na stanowiskach pracy.

Przeгляд pomieszczeń, analiza procesów oraz przeprowadzone rozmowy z pracownikami firmy pozwoliły stwierdzić, że należy usprawnić organizację niektórych stanowisk pracy w przedsiębiorstwie. Zmiany mogłyby poprawić efektywność, bezpieczeństwo i warunki pracy oraz zminimalizować straty. Obszarem, który wymagał poprawy, jest stanowisko warsztatowe, gdzie występuje proces naprawy gaśnic. W tym przedsięwzięciu posłużono się metodą 5S. Metoda 5S służy do lepszego zorganizowania i uporządkowania środowiska pracy. Jej głównym celem jest poprawa oraz utrzymanie porządku na stanowiskach, zapewnienie odpowiednich warunków i kultury pracy w organizacji, co przekłada się na większą efektywność działań podejmowanych w przedsiębiorstwie oraz eliminację marnotrawstwa. Wprowadzenie tej metody na stanowisku warsztatowym pozwoliło nie tylko na usprawnienie i ułatwienie działań podejmowanych przez pracowników, ale także na zminimalizowanie lub wyeliminowanie strat czasowych związanych z poszukiwaniem dokumentów, narzędzi i materiałów. Wpłynęło także na zmniejszenie liczby pomyłek i niezgodności w obszarze procesu naprawy gaśnic. Upo-

rządkowanie i lepsze zorganizowanie warsztatu poprawiło nie tylko wydajność pracy, ale także bezpieczeństwo pracowników oraz przebywających tam osób. Schludne, uporządkowane i odpowiednio rozplanowane stanowiska pracy wpłynęły pozytywnie na atmosferę w pracy i zadowolenie pracowników, a to przyczyni się do zwiększenia poczucia odpowiedzialności za wkład wnoszony do działań zmierzających do osiągnięcia sukcesu. Wdrożenie 5S umożliwiło poprawę jakości oraz zmniejszenie czasu realizacji świadczonych usług, tj. przeglądu, konserwacji oraz remontu sprzętu gaśniczego. Przełoży się to na zadowolenie klienta i wzrost pozycji przedsiębiorstwa na rynku. Wprowadzenie 5S ma także odzwierciedlenie w budowaniu pozytywnego postrzegania przedsiębiorstwa przez klientów i interesantów. Czyste, zadbane i zorganizowane pomieszczenia dobrze świadczą o kierownictwie i pracownikach, co pozwala na pozytywny odbiór przez zewnętrzne otoczenie firmy.

Należy pamiętać, że wdrożenie, ale przede wszystkim późniejsze funkcjonowanie metody 5S w dużej mierze zależy od zaangażowania pracowników. Trzeba się stosować do ustalonych reguł i ciągle je doskonalić, biorąc pod uwagę różne okoliczności występujące lub mogące potencjalnie wystąpić. Zmotywuje to pracowników do większego zaangażowania w wykonywanie zleconych działań oraz do ciągłego, wspólnego doskonalenia metody 5S. Pierwszych korzyści z wdrożenia metody można się spodziewać natychmiast lub krótko po wprowadzeniu jej w życie. W niektórych aspektach poprawa będzie widoczna bezpośrednio, np. brak trudności znalezienia przedmiotów. Ta sama poprawa będzie rzutowała pośrednio na inne korzyści (rys. P6.3).



Rys. P6.3. Diagram korzyści z wdrożenia 5S

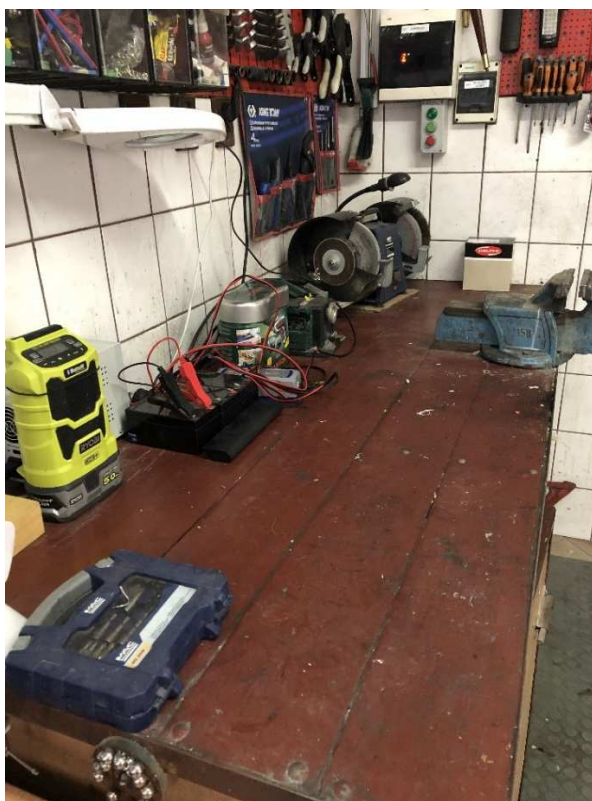
Źródło: Opracowanie własne.

## Opis rozwiązania

Metoda 5S została wprowadzona w 5 krokach. W pierwszym kroku należało dokonać selekcji wszystkich części, narzędzi oraz innych niepotrzebnych przedmiotów czy materiałów. Została do tego użyta metoda kartkowania. Wszystkie niepotrzebne lub zużyte przedmioty trafiały do pojemnika oznaczonego czerwoną kartką. Zostały one później wyrzucone lub zezłomowane. W zielonym pojemniku zostały natomiast umieszczone przedmioty potrzebne, które należało w późniejszym kroku umieścić w odpowiednim miejscu. Kolejnymi etapami we wdrożeniu metody 5S były systematyka i sprzątanie. Stół warsztatowy, na którym znajdowały się niepotrzebne przedmioty, został uporządkowany, a wszystkie znajdujące się na nim przedmioty poukładano i umieszczono w odpowiednio przygotowanym

miejscu (rys. P6.4). Pozwala to na uzyskanie większej ilości miejsca do wykonywania działań związanych z procesem remontu i konserwacji sprzętu gaśniczego.

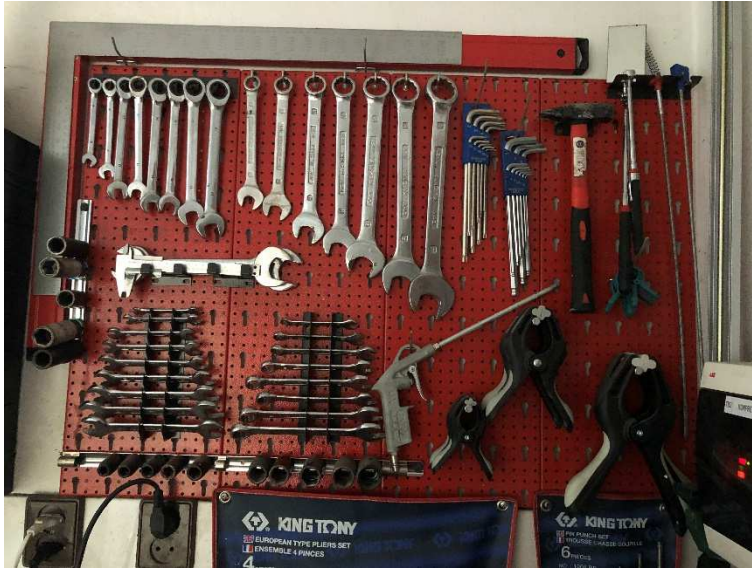
W warsztacie, gdzie znajduje się dużo różnego rodzaju narzędzi, części i materiałów, ważne było, aby rozmieścić je w odpowiedni sposób, tak aby wyeliminować marnotrawstwo czasu związanego z ich poszukiwaniem. W tym celu została zakupiona profesjonalna szafka na narzędzia. Zostały tam umieszczone sprawne i potrzebne narzędzia, części oddzielone w poprzednim kroku podczas selekcji. Nakrętki, śruby, gwoździe oraz klucze i tym podobne przedmioty mogłyby zostać umieszczone w pojemnikach zawieszonych na ścianie (rys. P6.5). Na rzeczy osobiste pracowników powinna zostać zakupiona odpowiednia szafka lub w innym pomieszczeniu powinno być wyznaczone miejsce na szatnię. Przedmioty przechowywane w szafce muszą być uporządkowane i zorganizowane w sposób, który odpowiada pracownikom i ułatwia identyfikację. Ważne było wyznaczenie nowego miejsca do składowania wyremontowanych gaśnic, które byłyby oddzielane od pozostałych i starannie zabezpieczane przed zniszczeniem.



Rys. P6.4. Stół warsztatowy po uporządkowaniu

Kolejnym krokiem we wdrażaniu 5S jest standaryzacja. Konserwatorzy gaśnic ustalili zasady, które są realne do przestrzegania i pomogą w utrzymaniu

porządku. Ponadto wszystkie narzędzia i inne elementy zostały wyczyszczone i mają wrócić na właściwe miejsce po ich użyciu lub po zakończonej zmianie, w zależności od tego, jak często są używane. Zużyte, uszkodzone i nienadające się do dalszego wykorzystania części muszą być zutylizowane lub naprawione tak, aby nie zalegały na powierzchni warsztatowej, powodując chaos i dezorganizację. Ostatni etap to samodyscyplina, która wymaga zaangażowania pracowników odpowiedzialnych za ten obszar i nie tylko. Powinni oni sumiennie i systematycznie stosować się do ustalonych reguł utrzymywania porządku, aby zapobiegać sytuacjom mającym miejsce przed wdrożeniem metody 5S.



Rys. P6.5. Organizacja narzędzi po wprowadzeniu metody 5S

Po wdrożeniu metody 5S w warsztacie została przeprowadzona kontrola 5S, której wyniki zaprezentowano w tab. P6.1.

Tabela P6.1. Tabela kontroli 5S w warsztacie

KONTROLA PO WDROŻENIU 5S			Ocena		
Miejsce: warsztat					
Data: 20.01.2021					
Lp.	Krok	Pytanie	5	3	1
1	Selekcja	Czy usunięto zbędne przedmioty na stanowisku?	*		
2		Czy usunięto zbędne narzędzia na stanowisku?	*		
3		Czy niezbędne narzędzia i przedmioty zostały wyselekcjonowane?	*		
4		Czy została opracowana procedura selekcji?	*		



Tabela P6.1 (cd.). Tabela kontroli 5S w warsztacie

KONTROLA PO WDROŻENIU 5S			Ocena		
Miejsce: warsztat					
Data: 20.01.2021					
Lp.	Krok	Pytanie	5	3	1
1	Systematyka	Czy miejsca przechowywania narzędzi są oznakowane?	*		
2		Czy wszystkie przedmioty znajdują się w odpowiednim miejscu?	*		
3		Czy niezbędne narzędzia i przedmioty są łatwo dostępne?	*		
4		Czy każdy przedmiot jest odkładany na wyznaczone miejsce po jego użyciu?	*		
1	Sprzątanie	Czy stół warsztatowy jest czysty?		*	
2		Czy wokół stanowiska panuje czystość?	*		
3		Czy narzędzia i urządzenia są czyste?	*		
4		Czy niezbędne środki czystości są dostępne?	*		
1	Standaryzacja	Czy stosowanie metody 5S na stanowisku jest kontrolowane?	*		
2		Czy pracownicy znają zasady selekcji, systematyki i sprzątania?	*		
3		Czy pracownicy znają metody standaryzacji i samodyscypliny?	*		
1	Samodyscyplina	Czy pracownicy stosują się do wyznaczonych zasad?	*		
2		Czy pracownicy angażują się w poprawę 5S na stanowisku?	*		
3		Czy pracownicy starannie wykonują pierwsze działania związane z 5S?	*		
4		Czy pracownicy zgłaszają nieprawidłowości w funkcjonowaniu 5S?	*		

Legenda: ocena **5** – bez zastrzeżeń, ocena **3** – 1 lub 2 uwagi, ocena **1** – więcej niż 2 uwagi.

Źródło: Opracowanie własne.

Korzyści z zastosowania 5S w warsztacie można zauważyć, analizując tab. P6.1. Na podstawie analizy można wnioskować, że wszystkie opracowane procedury i zasady są przestrzegane i wskazać miejsca, gdzie należy wdrożyć pewne działania mające na celu poprawę sytuacji. Pozwoli to stwierdzić, że metoda przynosi oczekiwane korzyści.

Wdrożenie metody 5S na stanowisku pracy konserwatorów gaśnic znacznie ulepszyło organizację. Pozwoliło na zwolnienie miejsca zajmowanego przez niepotrzebne przedmioty znajdujące się w przypadkowym położeniu. Dzięki temu pracownicy mają większą swobodę ruchów podczas wykonywanych działań. Odpowiednie przechowywanie narzędzi chroni je przed uszkodzeniem oraz ułatwia ich szybkie odnalezienie. Systematyczność i dbałość pracowników o stanowisko pozwala na utrzymywanie porządku i dyscypliny, przez co poprawiła się efektywność i zwiększyło bezpieczeństwo pracy.



## Bibliografia

- [1] Kamieński M., Sieczkowski L. (2019), Praktyczny przewodnik 5S, czyli jak wdrażać, żeby wdrożyć. MT Biznes.

## P7. Poprawa organizacji pracy na stanowisku roboczym przez wprowadzenie metody 5S (*Jan Kiwała*)

### Opis sytuacji

Analizowane przedsiębiorstwo zajmuje się produkcją części do samochodów osobowych. Przedmiotem analizy jest wybrane stanowisko pracy, na którym wprowadzono poprawę dzięki wdrożeniu metody 5S.

Stół produkcyjny jest miejscem pracy pracowników produkcyjnych (rys. P7.1). Na stanowisku znajdują się różne urządzenia i elementy wyrobu, który jest składany na linii obok. Na tym stanowisku dwóch pracowników wykonuje proces zakładania koszyków do tzw. sleeve'ów (jest to zewnętrzny element centralnej śruby rozrządu, w którym montuje się pozostałe elementy) oraz sprawdza je i oznacza markerem.



Rys. P7.1. Analizowane stanowisko pracy

Wokół stołu na ziemi leżą puste skrzynki po elementach, pod stołem można znaleźć elementy z linii, która znajduje się obok oraz koszyki, które spadły ze stołu. Na stole są rozsypane i wymieszane ze sobą koszyki oraz pierścienie *segera*, co wprowadza dodatkowe zamieszanie podczas pracy i może powodować opóźnienia. Stół jest brudny oraz znajdują się na nim kawałki starej taśmy po oznaczeniach. Części wyrobu gotowego leżą na czyściwie i często spadają ze stołu, a pracownicy nie mają w nawyku sprzątanía i zbierania magnesem części spod stołu. Takie miejsce pracy powoduje duże opóźnienia przez chaos oraz przez częste upadki elementów na podłogę, co powoduje straty czasu oraz pieniędzy. Na stanowisku jest zamontowana tablica 5S, lecz nie jest ona w pełni wyposażona, co uniemożliwia sprawne posprzątanía stanowiska po zakończeniu pracy.

## Analiza

5S to skrót pochodzący od pięciu czynności (etapów), które należy wykonać, by stworzyć optymalne miejsce pracy. Ze względu na konieczność angażowania wszystkich pracowników 5S jest zwykle jednym z pierwszych narzędzi do skutecznego zarządzania wdrażanych w organizacji. Głównym celem jest podniesienie bezpieczeństwa na stanowiskach pracy w połączeniu ze zwiększeniem produktywności. 5S jest jednym z podstawowych narzędzi *Lean Management*.

Wprowadzenie tej metody to jeden z prostszych i najlepszych sposobów na poprawę efektywności pracy na tym stanowisku. Po analizie pracy wykonywanej na zaprezentowanym stanowisku oraz po rozmowie z pracownikami uznano, że warunki pracy nie są najlepsze i bardzo dezorganizują pracę.

Metoda 5S, jak wspomniano we wcześniejszej części niniejszego opracowania, składa się z pięciu elementów – kroków wyznaczających kolejność jego wdrożenia: 1S – selekcja/sortowanie, 2S – systematyka, 3S – sprzątanía, 4S – standaryzacja i 5S – samodyscyplina/samodoskonalenie. Niektóre organizacje uzupełniają 5S jeszcze o jeden krok: 6S – bezpieczeństwo i higienę pracy (ang. *safety*). Metoda ta ma również na celu poprawę wizerunku firmy w jej otoczeniu. Przedsiębiorstwo, w którym pracownicy dbają o swoje miejsce pracy, zawsze dobrze się kojarzy, świadczy to też dobrze o kierownictwie i może pomóc w przyszłości zdobyć klientów czy inwestorów.

Efekty tej metody można zauważyć od razu po rozpoczęciu prac, co może dodatkowo wpłynąć pozytywnie na pracowników, a od ich zaangażowania zależy późniejsze utrzymanie wprowadzonych kroków.

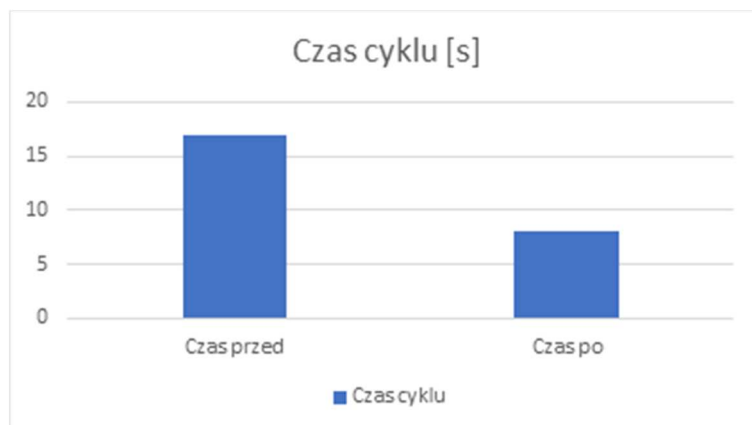
## Opis rozwiązania

Zgodnie z metodologią 5S na stanowisku najpierw pracownicy dokonali selekcji i oddzielili rzeczy potrzebne do wykonania ich pracy od tych niepotrzebnych. Dla rzeczy zbędnych wydzielili osobne miejsce, które zostało oznaczone czerwoną etykietą. Po selekcji stół został dokładnie wyczyszczony, podobnie podłoga pod stołem oraz wokół stołu.

W kroku standaryzacji zostały oznaczone miejsca na skrzynki z elementami do bieżącej produkcji (żółte), części OK (zielone) oraz części NOK (czerwone).



Skrzynki zostały umieszczone na specjalnych podstawkach pochylonych pod odpowiednim kątem, aby ułatwić do nich dostęp. Rysunek P7.2 przedstawia, jak poprawił się czas po wprowadzeniu metody 5S.



Rys. P7.2. Czas cyklu procesu przed wprowadzeniem metody 5S i po jej wdrożeniu

Źródło: Opracowanie własne.

Pracownicy swoje rzeczy osobiste zostawiają w szatni, a rzeczy niezbędne chowają w szafce, która posiada oznaczenie. Wprowadzone zmiany na stanowisku pozwoliły zaoszczędzić czas podczas wykonywania procesu, co przyczyniło się do oszczędności pieniędzy związanej z dużą ilością braków.

## **P8. Doskonalenie procesu rozciągania kanału wylotu turbiny** (Arkadiusz Linder)

### **Opis sytuacji**

W firmie, która znajduje się w czołówce firm zajmujących się produkcją części lotniczych, wykonywany jest proces rozciągania na prasie hydraulicznej, która znajduje się w innym budynku niż reszta maszyn wykorzystywanych w analizowanym procesie produkcyjnym. Pracownik wykonujący proces rozciągania przechodzi z budynku A do budynku B. Pracownik musi wyjść z budynku z częściami na wózku, z którego w czasie przemieszczania się z budynku A do budynku B mogą spaść drogie części. Pracownik wykonujący proces rozciągania ok. 3 razy w ciągu zmiany przechodzi z budynku A do budynku B. W czasie przechodzenia do budynku B pracownik na wózku pokazanym na rys. P8.1 transportuje najczęściej 6 sztuk kanału wylotu.



Rys. P8.1. Wózek do transportu części

## Analiza

Do analizy przyczyn problemu zastosowano metodę 5xWhy?

Zidentyfikowany problem zdefiniowano w następujący sposób: Pracownik wykonuje proces rozciągania. Proces odbywa się w innym budynku.

Następnie przeprowadzono analizę, wykorzystując metodę 5xDlaczego? (5xWhy?) (Stadnicka, 2016):

- **Dlaczego ślusarz wykonuje proces rozciągania w innym budynku?** Ponieważ prasa hydrauliczna znajduje się w tym budynku.
- **Dlaczego prasa hydrauliczna znajduje się w innym budynku?** Ponieważ podczas relokacji została tam przeniesiona.
- **Dlaczego prasa została relokowana do innego budynku?** Ponieważ została zamontowana inna maszyna w miejscu prasy hydraulicznej.
- **Dlaczego została zamontowana inna maszyna?** Ponieważ również została relokowana.
- **Dlaczego również została relokowana inna maszyna?** Ponieważ w starym miejscu była niepotrzebna.

Wnioskiem z przeprowadzonej analizy jest brak długoterminowego planu rozwoju przedsiębiorstwa, czego wynikiem jest nieplanowana i nienastawiona na cele długoterminowe relokacja stanowisk pracy odpowiadająca jedynie na bieżące potrzeby przedsiębiorstwa. Podczas analizy procesu produkcyjnego stwierdzono problem z procesem rozciągania oraz zidentyfikowano dwie możliwości doskonalenia. Pierwszą opcją doskonalenia procesu był zakup nowych wózków do transportu części z budynku A do budynku B. Drugą opcją było przeniesienie prasy hydraulicznej do rozciągania z budynku A do budynku B. Zaprezentowane rozwiązania są tylko rozwiązaniami eliminującymi bieżący problem.

## Opis rozwiązania

Po rozmowach kierownictwa, mistrzów i działu BHP stwierdzono, że w obecnej sytuacji najlepszym wyjściem będzie druga opcja, czyli przeniesienie prasy hydraulicznej do budynku A, w którym odbywała się większość operacji produkcji części lotniczej. Chodziło także o bezpieczeństwo transportu w okresie jesienno-zimowym, gdyż podczas transportu mogło dojść do sytuacji, w której wyroby spadłyby z wózka transportowego lub do poślizgnięcia się pracownika. Przeniesienie maszyny do budynku, gdzie odbywała się większość operacji, miało na celu szybsze wykonywanie operacji rozciągania oraz szybszy przepływ materiału między operacjami.

Do realizacji przedsięwzięcia, jakim była relokacja maszyny z budynku A do budynku B, została wynajęta firma zewnętrzna, która w ciągu 5 dniu relokowała maszynę, jaką była prasa hydrauliczna. Relokowanie maszyny w dużym stopniu przyniosło korzyści dla całego procesu. Korzyści oszacowano w przedziale 80-90% oszczędności czasu poświęconego na transport części pomiędzy stanowiskami pracy.

W dalszej perspektywie czasowej, zespół powołany specjalnie do tego celu, złożony z przedstawicieli kierownictwa najwyższego szczebla, opracuje strategię rozwoju infrastruktury przedsiębiorstwa, aby podobne problemy nie pojawiały się w przyszłości.

## Bibliografia

- [1] Stadnicka D. (2016), Wybrane metody i narzędzia doskonalenia procesów w praktyce. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.

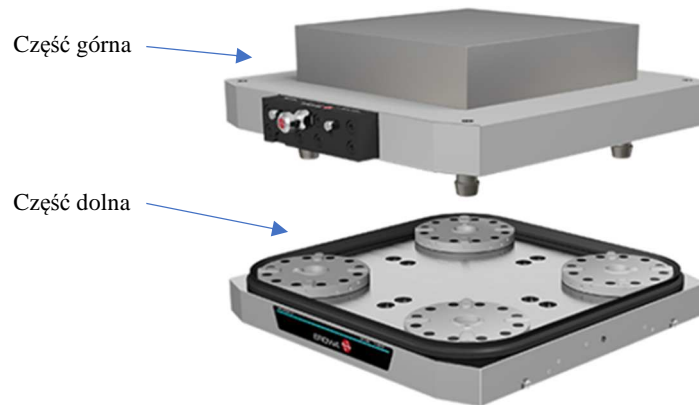
## P9. Zastosowanie metody Poka-Yoke w celu wyeliminowania błędów podczas przezbrajania maszyny (Dominik Wyskiel)

### Opis sytuacji

Analizowane przedsiębiorstwo produkuje pokrywy stosowane w układach sterowniczych. Maszyna, na której są wykonywane wyroby to frezarka MAKINO A61NX. Wyrób gotowy składa się z dwóch pokryw, wykonywanych oddzielnie w dwóch operacjach: zgrubnej i wykańczającej. Ze względu na dość długi czas przezbrajania maszyny oraz dużą liczbę wykonywanych przebrożeń wdrożono metodę SMED w celu zmniejszenia czasu przezbrajania maszyny. Wynikiem analizy SMED było zredukowanie czasu wykorzystywanego na ustawianie i centrowanie przyrządu przez zastosowanie płyty bazowej EROWA MTS 2.0 410 x x 410 P (rys. P9.1) (Erowa, 2016).

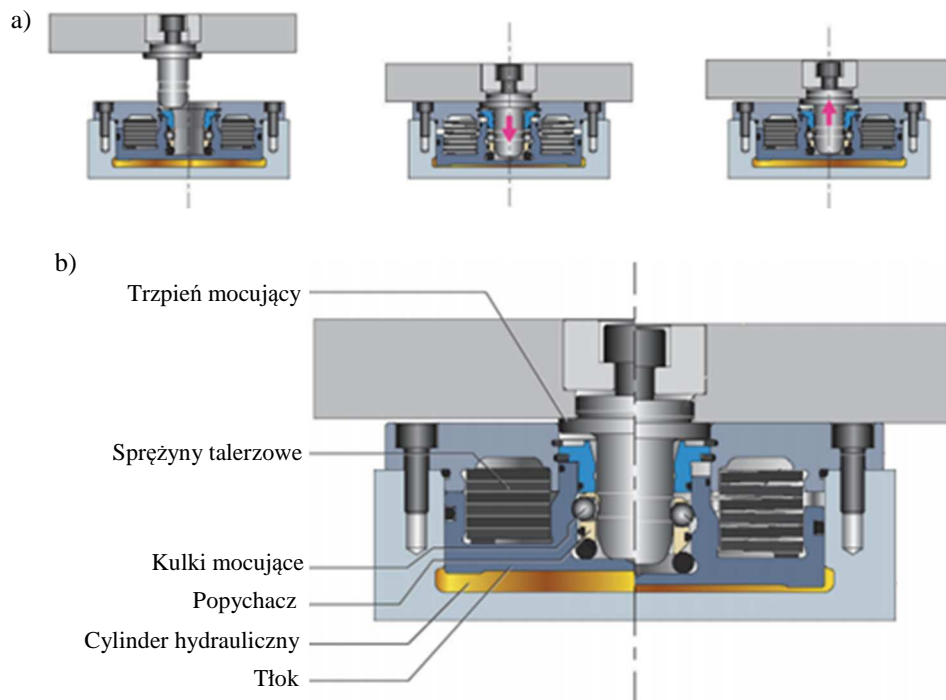
Istotą układów mocowań z punktem zerowym jest bardzo dokładne ustalanie i mocowanie za pomocą trzpienia pozycjonującego-mocującego i płyty modułowej dopasowanej do stołu. Siła mocująca pochodzi od grupy umieszczonych w płycie sprężyn, których zadaniem jest wywieranie nacisku na kulki będące w bezpośrednim kontakcie z trzpieniem. Odblokowanie przyrządu wymaga zasilenia sprężo-

nym powietrzem, pod wpływem którego następuje cofnięcie się kulek i odblokowanie trzpienia (rys. P9.2) (Honczarenko i Berliński, 2009).



Rys. P9.1. EROWA MTS – wszechstronny system narzędziowy do punktu odniesienia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Erowa, 2016).



Rys. P9.2. Działanie i budowa systemu mocowań z punktem zerowym: a) sposób ustalenia, zamocowania i odblokowania trzpienia, b) główne elementy układu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Stark, 2017).

Dzięki zastosowaniu tego typu rozwiązania zwiększono szybkość i poprawiono dokładność przy przezbrajaniu maszyny, co polegało na zmianie przyrządu do określonej operacji. Po pewnym czasie od zastosowania nowego mocowania przyrządów powstała pierwsza niezgodność na wykonywanym wyrobie. Nieprawidłowości polegały na znaczących odchyłkach względem wymiarów nominalnych. Powstawały ślady na obrabianych powierzchniach po zadrganiach maszyny, a w miejscu okręgów zostały wykonane owale. Tolerancja wymiarowa na wykonywanych wyrobach była bardzo mała, w niektórych przypadkach wynosiła 0,006 mm. Powstanie odchyłek wymiarowych względem wymiarów nominalnych rzędu 0,5 mm było trudne do wyjaśnienia. Dodatkowo do tej pory tego typu niezgodności nie występowały. Oczywiście nikt w najmniejszym stopniu nie brał pod uwagę, że wprowadzenie nowego przyrządu mocującego, którego zadaniem miało być usprawnienie procesu, może w jakimś stopniu przyczynić się do powstania niezgodności.

## Analiza

Aby zidentyfikować przyczyny powstawania problemu, zwołano zespół do analizy jakości składający się z technologa, programisty, mistrza produkcji, operatora oraz inżyniera jakości. Do przeprowadzenia analizy zaproponowano metodę burzy mózgów. Po wnikliwych dyskusjach oraz propozycjach przyczyn powstania niezgodności stwierdzono możliwy błąd ludzki bez podania konkretnych dowodów względem pracy operatora. W odstępie kilku kolejnych tygodni pojawiały się kolejne wyroby niezgodne z podobnymi odchyłkami względem wymiarów nominalnych, bez ustalenia przyczyn ich powstawania.

Z powodu zbyt dużej liczby powstałych niezgodności przeprowadzono wiele czynności związanych z wykonywaniem operacji oraz czynności przed i po obróbce mechanicznej. Działania te miały na celu analizę i odnalezienie potencjalnych przyczyn powstawania niezgodności w ramach kliniki jakości.

Przeprowadzono następujące czynności:

- dokładny wywiad ze wszystkimi operatorami obsługującymi maszynę,
- sprawdzenie i ponowne zmierzenie wszystkich narzędzi na maszynie technologicznej,
- przeprowadzenie przeglądu technicznego maszyny i sprawdzenie jej geometrii,
- wykonanie analizy programów używanych do obrabiania wszystkich wyrobów oraz uwzględnienie możliwości wprowadzenia zmian przez operatorów,
- sprawdzenie pod względem jakościowym wszystkich przyrządów oraz elementów mocujących wyrób na przyrządzie.

Ze wszystkich czynności tylko jedna wymagała ponownej analizy – czynność, podczas której wykryto zacięcia na przyrządzie. Zespół powołany do zdiagnozowania potencjalnych przyczyn powstawania niezgodności postanowił wykonać monitoring pracy wszystkich operatorów na danej maszynie. Wynikiem analizy przeprowadzonego monitoringu było wykrycie różnych sposobów mocowania



przrządu na płycie bazowej przez obsługujących ją operatorów. Mianowicie jeden z operatorów podczas przebrojenia zadawał ciśnienie na płytę bazową, a po zamontowaniu nowego przrządu ciśnienie w dalszym ciągu pozostawało w płycie podczas obróbki. Pozostali operatorzy podczas wykonywania czynności przygotowawczych po założeniu nowego przrządu redukowali ciśnienie na płycie bazowej do zera. Dzięki wykryciu różnicy podczas montowania przrządów można było stwierdzić, że przyczyną powstawania niezgodności na obrabianym wyrobie było niewłaściwe zamontowanie przrządu na płycie bazowej.

## Opis rozwiązania

Po wprowadzeniu nowej metody montowania przrządów podczas przebrojenia nie została opracowana żadna instrukcja określająca liczbę i kolejność wykonywanych czynności wymaganych do poprawnego zamontowania przrządu na płycie bazowej. Po wykryciu przyczyn niezgodności dział doskonalenia przeprowadził analizę możliwych działań i zaproponował kilka rozwiązań.

W pierwszej kolejności wszyscy operatorzy zostali przeszkoleni z poprawnego montowania przrządów na płycie bazowej. Kolejnym krokiem było stworzenie instrukcji pracy standardowej z dokładnym opisem i fotografiami przedstawiającymi kolejność czynności wykonywanych podczas przebrajania. Ostatnim elementem zaproponowanym przez dział doskonalenia było zastosowanie rozwiązania Poka-Yoke. Polegało ono na zamontowaniu na drzwiach magazynu tablicy informującej operatora o konieczności ponownego sprawdzenia, czy przrząd został prawidłowo zamontowany. Co prawda jest to rozwiązanie Poka-Yoke o najniższym poziomie skuteczności, ale w tym przypadku uznano je za wystarczające.

Mimo wprowadzenia zaprezentowanych rozwiązań, po pewnym czasie powstał kolejny wyrób niezgodny, spowodowany nieuwagą operatora podczas przebrojenia. W celu całkowitego wyeliminowania możliwości powstawania błędów zaproponowano wprowadzenie metody koniecznego kroku, która również należy do narzędzi Poka-Yoke (Antosz i in., 2018). Zaproponowana tym razem metoda polegała na podłączeniu sterownika do manometru znajdującego się przy płycie bazowej. Możliwość rozpoczęcia obróbki na maszynie jest obecnie uzależniona od wartości znajdującej się na manometrze. Jedynie w przypadku całkowitego braku ciśnienia na manometrze sterownik umożliwiał uruchomienie maszyny. Po wprowadzeniu metody koniecznego kroku nie pojawiła się już niezgodność, której wynikiem było złe zamontowanie przrządu.

## Bibliografia

- [1] Erowa (2016), General Catalog. Dostępne na: [www.er-system.com.pl](http://www.er-system.com.pl) (dostęp: 16.02.2021).
- [2] Stark (2017), Zero Point Mounting Systems SPEEDY classic 1, Catalog. Dostępne na: [www.stark-roemheld.com](http://www.stark-roemheld.com) (dostęp: 16.02.2021).
- [3] Honczarenko J., Berliński A. (2009), Oprzyrządowanie technologiczne do automatyzacji współczesnych obrabiarek. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji.
- [4] Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W. (2018), Lean Manufacturing doskonalenie produkcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.



## P10. Wdrożenie metody SMED w przedsiębiorstwie zajmującym się wytwarzaniem konstrukcji stalowych (Małgorzata Wojtała)

### Opis problemu

Zaprezentowana analiza dotyczy przedsiębiorstwa zajmującego się wytwarzaniem konstrukcji stalowych. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że największą liczbę przebrojeń rejestruje się na stanowisku tokarskim i tutaj właśnie zostało przeprowadzone usprawnienie procesu produkcyjnego.

### Analiza

Analizę SMED przeprowadzono w następujących krokach:

1. Przed przystąpieniem do analizy przebrojeń został wybrany skład zespołu projektowego. Członkami zespołu zostali: pracownicy tokarki, kierownik działu produkcji, magazynier, ustawiacze.
2. Przed zastosowaniem metody SMED przeprowadzono działania przygotowawcze. W tym kroku została szczegółowo opisana tokarka. Uwzględniono jej parametry techniczne, sposób sterowania urządzeniem, możliwe ruchy, płaszczyzny pracy, a także prędkość i wydajność. Następnie został sporządzony wykaz potencjalnych czynności, które może wykonać operator w związku z obsługą tokarki. Opracowany został również wykaz wykorzystywanych narzędzi i oprzyrządowania. Zarejestrowane zostały także procedury i dokumentacja techniczna, która była wykorzystywana w procesie.
3. Kolejnym krokiem było opracowanie listy wyrobów wykonywanych przy użyciu analizowanej tokarki (tab. P10.1).

Tabela P10.1. Lista pierścieni produkowanych na tokarce

Lp.	Kod wyrobu	Liczba [szt.]	Plan produkcji
1	W1	68	1 x tydzień
2	W2	24	1 x tydzień

Źródło: Opracowanie własne.

4. Przeprowadzono analizę przebrojenia do przygotowania maszyny do produkcji wyrobu W1. Na wstępie została sporządzona lista kontrolna, następnie została uzupełniona o wykaz narzędzi i przyrządów (tab. P10.2).
5. W dalszej kolejności przeprowadzono obserwację procesu przebrojenia z wyrobu W1 na wyrób W2. Obserwacja została wykonana przy wykorzystaniu nagrania wideo podczas pracy operatora tokarki. Informacje zawarto w tab. P10.3.

Tabela P10.2. Lista kontrolna

<b>LISTA KONTROLNA</b>			
<b>Stanowisko robocze:</b> Tokarka <b>Nr karty:</b> 1341 <b>Kod wyrobu:</b> W1 <b>Data selekcji:</b> 13.11.2020 r. <b>Zmiana:</b> 2			
Wykaz pracowników uprawnionych do wykonywania operacji przezbrojenia i zadań produkcyjnych:			
✓ Pracownik 1		Pracownik 2	
Wykaz narzędzi i przyrządów wykorzystanych w operacji:			
Trzpień	Tuleja	Uchwyt czujników zegarowych	Ramię
Kostka oporowa	Siłomierz pałkowy	Czujnik zegarowy siłomierza	Długopis
Notatnik	Karta nastaw siłomierza	Młotek	3 czujniki zegarowe
Wykaz narzędzi i przyrządów wykorzystywanych podczas przezbrojenia			
• Klucz imbusowy czworokątny	• Klucz nasadowy czworokątny	• Klucz płaski	• Klucz imbusowy sześciokątny 6
Wykaz materiałów:			
-			
Procedury do zastosowania:			
Dokumentacja technologiczna:			
Wykonał:		Zatwierdził:	
Data:		Data:	

Źródło: Opracowanie własne.

Z danych zebranych w tab. P10.3 widać, że zostały zaobserwowane czynności, które okazały się źródłem marnotrawstwa. Marnowaniem czasu były takie czynności, jak:

- wyjście do wypożyczalni narzędzi (łącznie czas: 4 min 15 s),
- korekta ustawienia wrzeciona (34 s),
- mocowanie czujników zegarowych cz. 1 i cz. 2 (2 min 31 s).

Z przeprowadzonej analizy wynika, że najwięcej czasu zajęło operatorowi wyjście do wypożyczalni w celu pobrania narzędzi potrzebnych do pracy. Łączny czas przezbrojenia wyniósł 12 min 25 s.



Tabela P10.3. Arkusz obserwacji

ARKUSZ OBSERWACJI							
Przebrojenie z W1 na W2							
Przezbrajana maszyna:	Data:	Rozpoczęcie	Zakończenie	Ustawiacz			
Tokarka	11.12.2020 r.	11:45	11:57	Pracownik 1			
Czynności przebrojenia:							
Lp.	Czynność	Początek	Koniec	Czas trwania [min]	Czynności wewnętrzne	Czynności zewnętrzne	Uwagi
1	Wyjście do wypożyczalni narzędzi	00:00	2:15	2 min 15 s		X	
2	Wyjście do wypożyczalni narzędzi	2:15	4:15	2 min 00 s		X	
3	Mocowanie trzpienia	4:15	4:26	2 min 16 s	X		
4	Mocowanie tulei	4:26	5:02	36 s	X		
5	Mocowanie uchwytu czujników w koniku	5:02	5:14	12 s	X		
6	Mocowanie ramienia	5:14	5:38	24 s	X		
7	Ustawienie i zamocowanie konika	5:38	6:00	22 s	X		
8	Mocowanie czujników zegarowych cz. 1	6:00	7:56	1 min 56 s	X		
9	Korekta ustawienia wrzeciona	7:56	8:30	34 s			Cz. zbędna
10	Mocowanie czujników zegarowych cz. 2	8:30	9:05	35 s	X		
11	Mocowanie kostki oporowej	9:05	9:34	29 s	X		
12	Mocowanie siłomierza pałkowego	9:34	10:00	26 s	X		
13	Pomiar wstępny	10:00	12:25	2 min 25 s	X		

Źródło: Opracowanie własne.

### Opis rozwiązania

Zmiany, jakie zostały wprowadzone po przeprowadzeniu SMED, są następujące:

- narzędzia niezbędne do przebrojenia zostały przydzielone do stanowiska pracy tak, aby operator nie musiał chodzić po nie do magazynu,
- każde narzędzie na stanowisku zostało opisane oraz ma przydzielone swoje miejsce,
- do stanowiska przypisano komputer, dzięki któremu operatorzy będą mieć wgląd do dokumentacji technicznej i będą mogli zgłaszać awarię bezpośrednio do działu UR,

- dodanie do programu sterującego informacji o lokalizacji oprzyrządowania,
- rozmieszczenie narzędzi tak, aby zminimalizować zbędne ruchy operatora.

Odpowiedzialność za wprowadzenie zmian ponoszą kierownicy zmianowi produkcji.

Ponowna obserwacja procesu po wprowadzeniu zmian została przeprowadzona, aby ocenić osiągnięte rezultaty. Wyniki ponownej obserwacji zaprezentowano w tab. P10.4. Tabela P10.5 jest natomiast podsumowaniem tego, co osiągnięto dzięki zastosowaniu metody SMED.

Tabela P10.4. Arkusz obserwacji po przeprowadzeniu SMED

Arkusz obserwacji po przeprowadzeniu SMED							
Przezbrajana maszyna:		Data:	Rozpoczęcie:	Zakończenie:	Ustawiacz:		
Tokarka		18.12.2020 r.	10:00	10:04	Pracownik 1		
Czynności przebrojenia:							
Lp.	Czynność	Początek	Koniec	Czas trwania [min]	Czynności wewnętrzne	Czynności zewnętrzne	Uwagi
1	Mocowanie trzpienia	0:00	0:16	16 s	X		
2	Mocowanie tulei	0:16	0:35	19 s	X		
3	Mocowanie uchwyty czujników w koniku. Ustawienie i zamocowanie konika	0:35	0:51	16 s	X		
4	Mocowanie ramienia	0:51	1:14	15 s	X		
5	Mocowanie czujników zegarowych	1:14	2:13	59 s	X		
6	Mocowanie siłomierza z tarczą oporową	2:13	2:35	22 s	X		
7	Mocowanie czujnika siłomierza	2:35	2:50	15 s	X		
8	Pomiar wstępny	2:50	4:00	1 min 10 s	X		

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela P10.5. Porównanie zmian wynikających z wdrożenia SMED

Czynności	Przed wprowadzeniem metody SMED	Po wprowadzeniu metody SMED
Zewnętrzne	4:15	00:00
Wewnętrzne	7:36	04:00
Zbędne	0:34	00:00

Źródło: Opracowanie własne.



Przedsiębiorstwa często pracują, opierając się na starych wzorcach zakładających tworzenie kolejek i serii. Ogranicza to elastyczność i powoduje wzrost zapasów mających zaspokoić potrzeby klienta. Zespołową redukcją czasu przebrojenia maszyny jest metoda SMED. Pozwala ona na podział czynności przy przebrojeniu na wewnętrzne i zewnętrzne, umożliwia wdrożenie ciągłego przepływu produktów bez strat na wydajność lub bez dłuższego oczekiwania. Przeprowadzona analiza przebrojeń tokarki przy zastosowaniu metody SMED pokazała te czynności, których czas trwania wpływał w znacznym stopniu na wydłużenie procesu obróbki, był również przyczyną marnotrawstwa. Dzięki przeprowadzonej analizie możliwe było skrócenie czasu przebrojenia o 46%.

## **P11. Standaryzacja procesów przeobrajania na liniach produkcyjnych typu szlifierki CNC (Konrad Korcz)**

### **Opis problemu**

Wymagania rynkowe zmuszają przedsiębiorstwa działające w branży lotniczej do podejmowania coraz szerszych działań w kierunku poszukiwania różnego rodzaju rozwiązań, które będą mieć na celu usprawnienie procesu przebrojenia maszyn.

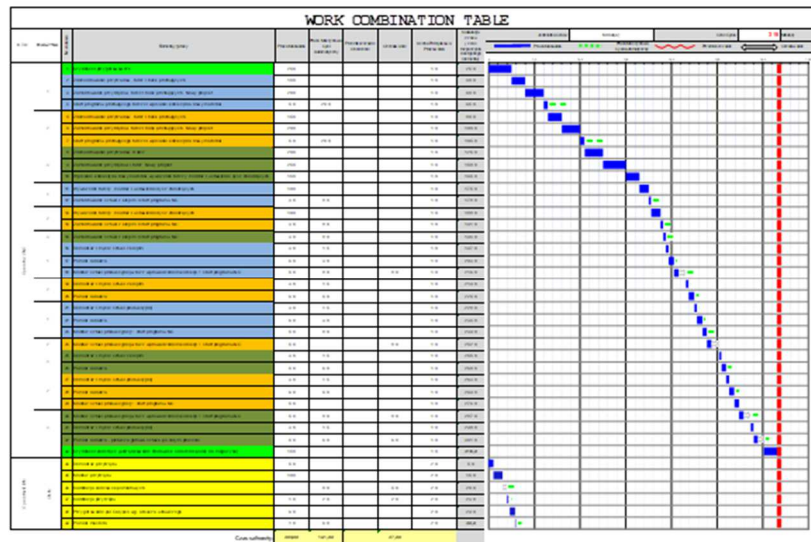
Temat jest niezwykle istotny, ponieważ sytuacja oraz pozycja firmy na rynku jest w dużym stopniu uzależniona od kosztów produktu, który wytwarza. Przebrojenia wpływają także na elastyczność produkcji oraz zdolność producenta do realizacji małych zamówień i serii.

Celem jest skrócenie czasu trwania przebrojeń na liniach produkujących wyroby lotnicze.

### **Analiza**

Na początku opracowano kartę obserwacji i zmierzono czasy wszystkich czynności związanych z przebrojeniem na linii (rys. P11.1):

- czynności kończące produkcję (stary projekt),
- czynności przygotowawcze,
- demontaż przyrządów i tarcz (stary projekt),
- montaż przyrządów i tarcz (nowy projekt),
- kasowanie/wgrywanie programów,
- profilowanie oraz wyważanie tarcz, montaż dysz chłodzących, zamocowanie i szlifowanie sztuk ustawczych (z klejem DYMAX),
- demontaż i mycie sztuk ustawczych,
- pomiar i analiza wymiarów,
- zamocowanie i szlifowanie pierwszej sztuki produkcyjnej,
- czynności kończące przebrojenie.



Rys. P11.1. Tabela czynności wykonywanych w procesie przebrojenia linii produkcyjnej przed zmianami

Źródło: Opracowanie własne.

Po przeprowadzonej analizie okazało się, że stan obecny ma bardzo dużo minusów, a niektóre z nich to:

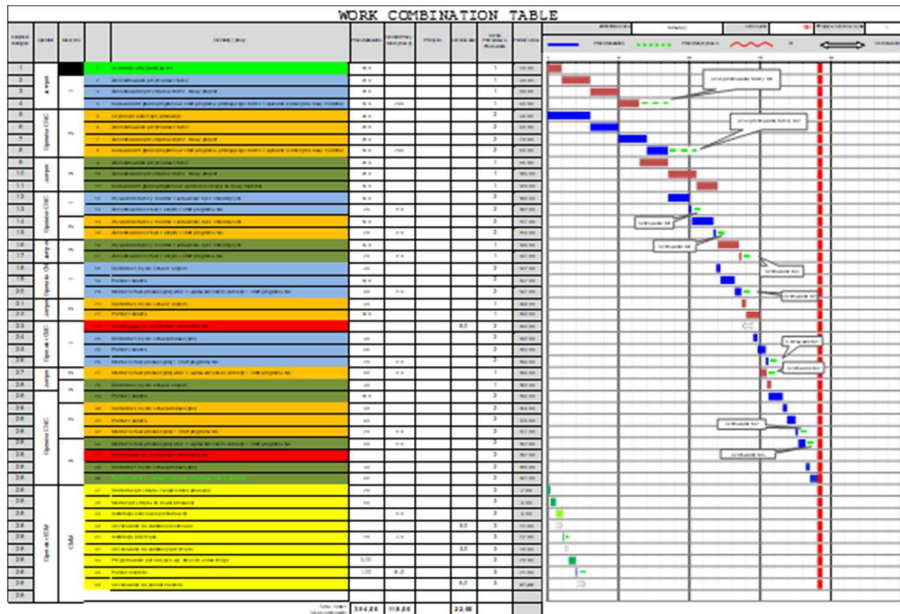
- długi czas trwania przebrojenia,
- rozpoczęcie przebrojenia dopiero po zakończeniu wszystkich czynności związanych z produkcją „starego” projektu,
- brak standaryzacji przebiegu przebrojenia,
- niepełne wykorzystanie zdolności produkcyjnych.

### Opis rozwiązania

Przystąpiono zatem do działań, których celem było dokonanie zmian w całym procesie przebrojenia. W celu poprawy procesu wprowadzono następujące zmiany:

- standaryzacja magazynowania tarcz szlifierskich,
- udział dodatkowego operatora w postaci operatora wsparcia produkcji (tzw. jumper) w procesie przebrojenia,
- usprawnienie procesu wymiany informacji na linii operator–jumper–koordynator–planista,
- analiza poszczególnych czynności realizowanych w trakcie przebrojenia pod kątem równomiernego rozkładu pracy pomiędzy operatorem i jumperem,
- pomiar czasu poszczególnych czynności przebrojenia z uwzględnieniem podziału na jumpera i operatora,

- korekta podziału czynności operator–jumper na podstawie poczynionych obserwacji,
- nowa procedura pracy (rys. P11.2) dla udoskonalonego procesu,
- standaryzacja przebiegu procesu przezbrojeń z uwzględnieniem różnic w długości jego trwania dla poszczególnych materiałów,
- graficzne przedstawienie czasu przezbrojeń w postaci wykresu,
- przeprowadzenie obserwacji przebiegu przezbrojenia.



Rys. P11.2. Tabela czynności wykonywanych w procesie przezbrojenia linii produkcyjnej po zmianach

Źródło: Opracowanie własne.

Stworzono kartę obserwacji procesu po zmianach, dzięki której zauważono bardzo dobre efekty wprowadzonych działań.

### Osiągnięte rezultaty

W rezultacie zmiany wprowadzone w przezbrojeniach skróciły przeciętny czas z 316 min do 191 min i pozwoliły tym samym zaoszczędzić 125 min na jednym przezbrojeniu. Możliwe było więc skrócenie czasu przezbrojenia o ok. 40%.

Projekt ten przyniósł firmie oraz pracownikom znaczące korzyści, takie jak:

- podniesienie wydajności,
- poprawa współpracy między operatorami,
- poprawa obecnie stosowanych technik przezbrojenia oraz wprowadzenie nowych,



- stworzenie dobrego i jasnego standardu przezbrojenia,
- wprowadzenie monitorowania efektywności przezbrojeń, a co za tym idzie – zapewnienie możliwości szybkiej reakcji w przypadku powtarzających się problemów,
- zmniejszenie fizycznej pracy operatora (dodanie dodatkowej osoby).

## **P12. Dostosowanie parku maszynowego do wymagań Dyrektywy 2009/104/WE na przykładzie nożyc gilotynowych**

*(Tomasz Gortych)*

### **Opis problemu**

Wszystkie maszyny, urządzenia czy też inny sprzęt roboczy, który jest użytkowany na terenie UE muszą spełniać wymagania bezpieczeństwa oraz higieny pracy. W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy oraz znormalizowania poziomów bezpieczeństwa każdej maszyny i urządzenia parlament europejski wprowadził do obligatoryjnego stosowania dwie dyrektywy.

Pierwsza z nich, tzw. „dyrektywa maszynowa” (2006/42/WE), została wprowadzona w celu zapewnienia bezpiecznej pracy przy maszynach nowych (wyprodukowanych lub wprowadzonych do obrotu po 7.11.2008 r.). Nakłada ona na producentów maszyn obowiązek spełnienia tzw. wymagań zasadniczych. Drugą dyrektywą jest tzw. „dyrektywa narzędziowa” (2009/104/WE), która z kolei obowiązuje użytkowników wszystkich maszyn wyprodukowanych lub wprowadzonych do obrotu przed 1.01.2003 r.

W Polsce wymogi wynikające z dyrektywy narzędziowej zostały wprowadzone w życie rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 30.10.2002 r. Niestety, w wielu przypadkach maszyny stosowane w toku produkcyjnym nie spełniają wymagań minimalnych zgodnych z 2009/104/WE bądź spełniają je tylko w niewielkiej części. Tak też było w analizowanym przypadku.

W zakładzie produkcyjnym zlokalizowanym na terenie województwa podkarpackiego został przeprowadzony audyt wewnętrzny sprawdzający stan techniczny maszyn oraz oceniający je pod względem spełnienia wymagań minimalnych zgodnie z 2009/104/WE. Przed rozpoczęciem audytu wszystkie maszyny produkcyjne zostały poddane inwentaryzacji w formie spisu z natury. Po wykonaniu czynności inwentaryzacyjnych zostały ponownie oznaczone numerami inwentarzowymi w celu jasnej i szybkiej identyfikacji. Następnie przystąpiono do audytu. W wyniku audytu zostały ujawnione nieprawidłowości w spełnieniu wymagań minimalnych przez nożyce gilotynowe NG-8 z 1979 r.

### **Analiza**

W trakcie przeprowadzonej kontroli wykryto następujące niezgodności:

- niesprawny wyłącznik główny maszyny (nieprawidłowe kolory sygnalizujące wyłącznika oraz luzy na wale łączeniowym stycznika),
- brak oznaczeń objaśniających funkcje przycisków i przełączników,



- brak środków technicznych zabezpieczających część maszyny (brak ograniczenia dostępu do noża od strony zderzaków).

Rysunki P12.1 oraz P12.2 przedstawiają stan maszyny w trakcie audytu.



Rys. P12.1. Niesprawny wyłącznik główny



Rys. P12.2. Niezabezpieczony tył maszyny (niebezpieczny dostęp do mechanizmu tnącego)

Podczas audytu zgodności z wymaganiami minimalnymi zespół audytowy posługiwał się listą kontrolną (tab. P12.1), z wyszczególnionymi wymaganiami dla maszyn, w odniesieniu do wymogów prawnych zawartych w dyrektywie narzędziowej. W tabeli P12.1 przedstawiono wyniki audytu.

Tabela P12.1. Lista kontrolna w zakresie minimalnych wymagań dla nożyc gilotynowych

Lp.	Pytania dotyczące badanych problemów	Podstawa prawne	Odpowiedzi		
			tak	nie	nie dotyczy
1	Czy elementy sterownicze maszyny są wyraźnie widoczne, możliwe do zidentyfikowania (łatwo rozpoznawalne) oraz odpowiednio oznakowane?	§ 9.1	X		
2	Czy elementy sterowania są usytuowane poza strefami zagrożenia w taki sposób, aby ich obsługa nie powodowała dodatkowych zagrożeń i czy mogą one stwarzać zagrożenia w związku z przypadkowym ich użyciem?	§ 9.2	X		
3	Czy operator maszyny ma możliwość sprawdzenia z miejsca głównego pulpitu sterowniczego, czy nikt nie znajduje się w strefie niebezpiecznej lub czy jest zainstalowany układ bezpieczeństwa automatycznie wysyłający akustyczny lub optyczny sygnał ostrzegawczy uruchomienia maszyny?	§ 10.1	X		

Tabela P12.1 (cd.). Lista kontrolna w zakresie minimalnych wymagań dla nożyc gilotynowych

Lp.	Pytania dotyczące badanych problemów	Pod- stawy prawne	Odpowiedzi		
			tak	nie	nie dotyczy
4	Czy pracownik narażony ma czas lub środki na uniknięcie zagrożenia spowodowanego uruchomieniem lub zatrzymaniem maszyny?	§ 10.2	X		
5	Czy układ sterowania maszyny jest dobrany z uwzględnieniem możliwych uszkodzeń, defektów oraz ograniczeń, jakie można przewidzieć w planowanych warunkach użytkowania maszyny?	§ 11	X		
6	Czy uruchomienie maszyny jest możliwe tylko przez celowe zadziałanie na przeznaczony do tego celu układ sterowania?	§ 12	X		
7	Czy maszyna jest wyposażona w układ sterowania do całkowitego i bezpiecznego zatrzymania?	§ 13.1	X		
8	Czy układ sterowania do zatrzymania maszyny ma pierwszeństwo przed układem sterowania do jej uruchomienia?	§ 13.3	X		
9	Czy w przypadku zatrzymania maszyny lub jej niebezpiecznych części odłącza się zasilanie energią odpowiednich napędów?	§ 13.4	X		
10	Czy maszyna jest wyposażona w urządzenie do zatrzymania awaryjnego?	§ 14.1	X		
11	Czy w przypadku ryzyka upadku przedmiotów lub ich wyrzucenia maszyna jest wyposażona w środki ochrony odpowiednie do występującego ryzyka?	§ 14.2	X		
12	Czy maszyna stwarzająca zagrożenie emisją gazu, oparów, płynu lub pyłu jest wyposażona w odpowiednie instalacje lub urządzenia wyciągowe?	§ 14.3	X		
13	Czy maszyna (oraz jej części) jest zamocowana, jeśli to konieczne, za pomocą odpowiednich zaczepów lub innych mocowań zapewniających jej stateczność?	§ 15.1	X		
14	Czy w przypadku oderwania lub rozpadnięcia się części maszyny stanowiących zagrożenie dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników zastosowano odpowiednie środki ochronne?	§ 15.2	X		
15	Czy w przypadku wystąpienia ryzyka bezpośredniego kontaktu z ruchomymi częściami maszyny, mogącymi powodować wypadki, zastosowano odpowiednie osłony lub inne urządzenia ochronne zapobiegające dostępowi lub zatrzymujące części ruchome?	§ 15.3		X	

Tabela P12.1 (cd.). Lista kontrolna w zakresie minimalnych wymagań dla nożyc gilotynowych

Lp.	Pytania dotyczące badanych problemów	Podstawy prawne	Odpowiedzi		
			tak	nie	nie dotyczy
16	Czy zastosowane osłony i inne urządzenia ochronne posiadają: 1) mocną i trwałą konstrukcję, 2) nie stanowią zagrożenia, 3) nie są łatwo demontowalne bez pomocy narzędzi, 4) są w odpowiedniej odległości od strefy niebezpiecznej, 5) ograniczają dostęp, 6) nie ograniczają widoczności, 7) umożliwiają czynności mające na celu zamocowanie przedmiotu lub jego demontaż	§ 15.4		X	
17	Czy miejsce obsługi i konserwacji jest odpowiednio oświetlone zgodnie z panującymi warunkami?	§ 16.1	X		
18	Czy części o bardzo wysokiej lub niskiej temperaturze są odpowiednio osłonięte lub odgrdzone przed dostępem, w sposób zapewniający normalne użytkowanie maszyny?	§ 16.2	X		
19	Czy urządzenia ostrzegawcze są łatwo dostrzegalne, zrozumiałe oraz jednoznaczne?	§ 16.3	X		
20	Czy maszyna jest użytkowana tylko w procesach i warunkach, do których została przeznaczona?	§ 16.4	X		
21	Czy wykonywanie prac konserwacyjnych jest możliwe podczas postoju maszyny, a jeśli to niemożliwe, to czy są stosowane odpowiednie środki ochronne lub prace te są wykonywane poza strefami niebezpiecznymi?	§ 17.1	X		
22	Czy w przypadku, gdy przewidziane jest prowadzenie dla maszyny dziennika konserwacji, to czy jest on prowadzony na bieżąco?	§ 17.2	X		
23	Czy maszyna jest wyposażona w: 1) łatwo rozpoznawalne urządzenia odłączające od źródeł energii, a ponowne załączenie do źródeł energii nie spowoduje zagrożenia dla pracowników, 2) znaki ostrzegawcze i oznakowania zapewniające bezpieczeństwo pracownikom?	§ 18.1		X	
24	Czy zastosowane są rozwiązania zapewniające bezpieczny dostęp i przebywanie pracowników w obszarach produkcyjnych oraz strefach ustawiania i konserwowania maszyn?	§ 18.2			X
25	Czy maszyna jest zabezpieczona w celu ochrony pracowników przed: 1) ryzykiem pożaru, przegrzania w czasie eksploatacji lub uwolnienia gazu, płynu, pyłów oraz innych substancji wytwarzanych, używanych lub składowanych w maszynie, 2) ryzykiem wybuchu urządzenia lub substancji w nim składowanych, 3) zagrożeniami związanymi z kontaktem bezpośrednim lub pośrednim z energią elektryczną	§ 19	X		

Źródło: Opracowanie własne.

## Opis rozwiązania

Po przeprowadzeniu audytu zespół powołany do analizy problemu przystąpił do usunięcia wykrytych nieprawidłowości. W trakcie pierwszego kroku niesprawny wyłącznik główny maszyny został wymieniony na nowy, który posiada odpowiednie kolory sygnalizacyjne oraz zabezpieczenie przed niepowołanym włączeniem zasilania (możliwość zamocowania kłódki). Co ważne, zostały także usunięte luzy na wale załączającym stycznik główny (rys. P12.3). Kolejnym krokiem było oznakowanie wyłącznika głównego odpowiednim znakiem informacyjnym. Ostatnią częścią procesu usuwania niezgodności było zamontowanie urządzenia ograniczającego dostęp do przestrzeni roboczej noża gilotyny. W tym celu został zamontowany wyłącznik krańcowy bezpieczeństwa z ciągnem linkowym. Rysunki P12.3 oraz P12.4 przedstawiają wprowadzone rozwiązania techniczne zapewniające odpowiedni poziom bezpieczeństwa.



Rys. P12.3. Prawidłowy wyłącznik główny z odpowiednim znakiem informacyjnym



Rys. P12.4. Urządzenie ograniczające dostęp do przestrzeni roboczej z wyłącznikiem bezpieczeństwa kategorii 1.

Po zakończeniu dostosowania nożyc gilotynowych ponownie przeprowadzono sprawdzenie maszyny pod kątem spełnienia wymagań za pomocą listy kontrolnej, a następnie sporządzono protokół potwierdzający dostosowanie maszyny do wymagań minimalnych.

## P13. Wykorzystanie wskaźnika OEE do redukcji kosztów produkcji w przedsiębiorstwie produkcyjnym (Ilona Tokarz)

### Opis problemu

Rozwój technologii, coraz nowocześniejsze maszyny oraz coraz większa złożoność procesów zmuszają do stawiania przed maszynami coraz większych wymagań. Oczekuje się, aby w procesach produkcyjnych sprawność eksploatacyjna urządzeń pozostawała na stałym poziomie, przy jednoczesnych jak najmniejszych kosztach utrzymania sprawności tych maszyn. W przedsiębiorstwach koszty, jakie



generuje maszyna, są związane z jej licznymi awariami i przestojami. Duża liczba awarii powoduje spadek produktywności, dzienny cel produkcyjny założony przez firmę nie zostaje osiągnięty, co z kolei przekłada się na sytuację finansową przedsiębiorstwa.

W procesie produkcyjnym w analizowanym przedsiębiorstwie zajmującym się produkcją kostki brukowej zauważono rosnącą liczbę reklamacji od klienta, jak również spadek efektywności pracy maszyn. Problem ten zwrócił uwagę kierownictwa. Zdecydowano o wykorzystaniu wskaźnika OEE, dzięki któremu można zidentyfikować w procesie wąskie gardła oraz problemy, które występują w przedsiębiorstwie. Współczynnik OEE to również miernik wdrażanych udoskonaleń, pozwalający na ocenę korzyści, jakie wynikają z doskonalenia i eliminacji zidentyfikowanych problemów. W procesie produkcyjnym można wyszczególnić 5 podstawowych strat, które mają wpływ na pracę maszyny (Antosz i in., 2011):

- awarie,
- zbyt długi czas przebrojeń,
- przestoje i bezczynność maszyny,
- obniżona prędkość pracy maszyny,
- niska jakość wyrobów.

## Analiza

Przy dokonywaniu analizy za pomocą wskaźnika OEE wzięto pod uwagę ostatnie pół roku działalności firmy. Zebrano dane z produkcji na temat maszyn, które później zostały dokładnie przeanalizowane i przedstawione w postaci graficznej w celu lepszego zobrazowania problemu. Wszelkie występujące postoje i niezgodności podzielono na trzy grupy: straty dostępności, straty wykorzystania oraz straty jakości wytwarzania. Następnie obliczono elementy składowe OEE oraz OEE, wykorzystując wzór (P13.1) dla każdego analizowanego miesiąca. Wskaźnik OEE (tab. P13.1) został obliczony dla maszyn pracujących na jednej linii produkcyjnej. Analizowane maszyny to: blender, robot formujący masę, prasa, suszarnia, robot pakujący i robot foliujący.

$$\left. \begin{aligned} \text{OEE} &= \text{Dostępność} \times \text{Wykorzystanie} \times \text{Jakość} \\ \text{OEE} &= 0,99 \times 0,98 \times 0,95 = 0,92 \end{aligned} \right\} \quad (\text{P13.1})$$

Tabela P13.1. Wartość wskaźnika OEE w kolejnych miesiącach

Miesiąc	Współczynnik dostępności	Współczynnik wykorzystania	Współczynnik jakości	Wskaźnik OEE
Lipiec	99	98	95	92%
Sierpień	97	95	93	85%
Wrzesień	95	99	91	85%
Październik	96	98	90	84%
Listopad	97	99	88	84%
Grudzień	97	98	86	82%

Źródło: Opracowanie własne.

Po dokonaniu analizy zauważono, że wskaźnik OEE z miesiąca na miesiąc osiąga procentowo mniejszą wartość. Biorąc pod uwagę kryteria, jakie są stawiane dla systemów jakości wytwarzania, jako cel zakłada się osiągnięcie następujących wyników (Antosz i in., 2011):

- dostępność maszyny >90%,
- wykorzystanie dostępnego czasu >95%,
- jakość >99%.

Po przeanalizowaniu danych zebranych w przedsiębiorstwie (tab. P13.1) wyznaczono obszar, który należy poprawić i wyeliminować z niego straty. W opisywanym przypadku był to obszar jakościowy, gdyż przybrał on tendencję malejącą i był główną przyczyną spadku wskaźnika OEE. Analizując reklamacje od klienta, wybrano tę, która pojawiała się najczęściej (była ona przyczyną 96% reklamacji) i dokonano na jej podstawie identyfikacji przyczyn problemu. Do tego celu użyto diagramu przyczynowo-skutkowego – diagramu Ishikawy. Za punkt wyjścia przyjęto główny powód reklamacji, czyli problem występujący w trakcie procesu produkcyjnego – pęknięcie kostki. Dla każdej z sześciu kategorii przyczyn określono główne przyczyny występujące w każdym obszarze, po czym specjalnie powołany do tego zespół poddał analizie wypisane przyczyny problemu i nadał im wartości odpowiadające ważności poszczególnych problemów. W efekcie finalnym wyodrębniono dwie przyczyny, które w głównej mierze wpływały na pęknięcie:

- drgania podczas podjazdu do pieca,
- zbyt duża ilość wody w masie.

Jak się okazało, drgania były spowodowane zużyciem rolek, na których jeździ wózek z materiałem do pieca, co powodowało również spadek efektywności pracy maszyny.

### Opis rozwiązania

Dzięki obliczeniu wskaźnika OEE oraz wykonaniu diagramu Ishikawy znaleziono źródłową przyczynę reklamacji oraz spadku efektywności pracy maszyny, co z kolei przekładało się na większe koszty produkcji, opóźnienia w zamówieniach oraz napływającą liczbę reklamacji.

W ramach podjętych działań naprawczych zdecydowano się na wymianę zużytych rolek, a także na wdrożenie na tym stanowisku roboczym metody TPM, która również służy zapewnieniu maksymalnej efektywności maszyn. Kolejnym podjętym krokiem było wprowadzenie comiesięcznych kontroli procesu technologicznego. Przeprowadzono także dodatkowe szkolenia dla pracowników podnoszące ich świadomość o przebiegu całego procesu technologicznego.

### Bibliografia

- [1] Antosz K., Ciecińska B. (2011), Podstawy zarządzania parkiem maszyn w przedsiębiorstwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.



## **P14. Zastosowanie oraz wpływ standardów CIL na efektywność procesu wytwórczego przedsiębiorstwa (Piotr Oleńczuk)**

### **Opis sytuacji**

Czyszczenie, inspekcja oraz smarowanie są to podstawowe czynności, które zdecydowanie przedłużają pracę każdej maszyny. Analizowany przypadek dotyczy firmy, której prezes podpisał opłacalny kontrakt. Uruchomienie produkcji wymagało właściwego przygotowania, polegającego na optymalnym ustawieniu linii produkcyjnej, zatrudnieniu nowych pracowników, przeprowadzeniu cyklu szkoleń itp. Początek produkcji był bardzo udany, jednak po miesiącu pracy linii pojawiła się awaria maszyny, bez której produkcja była niemożliwa. Dodatkowo urządzenie było wyprodukowane w USA i na części zamienne trzeba było czekać 2 tygodnie. Czas przestoju linii został wykorzystany do jej przeglądu. Okazało się, że takich awarii byłoby znacznie więcej. Po gruntownym przeglądzie linii, a w praktyce po remoncie linii, który trwał 18 dni, wystartowano ponownie z produkcją.

### **Opis działań**

Stworzono zespół składający się z dwóch pracowników utrzymania ruchu (UR), którzy byli wspierani przez mistrza produkcji. Zadaniem zespołu było wykonywanie czynności wynikających ze standardów CIL. Po każdym przeglądzie na liście kontrolnej pojawiały się informacje o stanie technicznym linii. Wszelkie niezgodności były zapisane w liście kontrolnej CIL oraz dodatkowo za pomocą tzw. TAG-ów (kartek UR) oznaczonych na linii. Ze względu na specyfikę produkcji (produkcja spożywcza) raz dziennie odbywało się mycie technologiczne, w trakcie którego powołany zespół wykonywał czynności CIL. Zdarzały się wymiany części eksploatacyjnych urządzeń, np. łożysk, siłowników, czy też uszczelnień pomp. Jednak nie były to awarie, które powodowały straty, lecz zaplanowane działania prewencyjne. Kontrolowany był zatem stan zużycia części. Wymiana zużytych części była zaplanowana, zorganizowana i odbywała się w trakcie mycia technologicznego, czyli nie powodowała dodatkowego przestoju linii. Analizowano również możliwości redukcji czasu potrzebnego na wykonanie czynności CIL. Wykorzystywano m.in. takie narzędzia, jak 5S, diagram spaghetti, analizę Kaizen. W ramach podjętych działań i analiz eliminowano miejsca trudnodostępne, wprowadzano udoskonalenia, np. w niektórych miejscach został zamontowany automatyczny system smarowania.

Maszyny zostały podzielone na maszyny o kategorii A, B C. Kategoria A to maszyny najważniejsze, bez których produkcja jest niemożliwa. Kategoria B to maszyny, które można zastąpić innymi. Kategoria C – to maszyny używane sporadycznie. Sprężarka powietrza niewątpliwie należy do kategorii maszyn A. Oczywiście nie uczestniczy bezpośrednio w produkcji, jednak wytwarza sprężone powietrze, które jest wykorzystywane przez takie maszyny, jak maszyna do cięcia plazmowego, nożyce gilotynowe, wykrawarka. Sprężarka powietrza jako urządzenie ciśnieniowe podlega nadzorowi Urzędu Dozoru Technicznego (UDT). Poza tym, że sprężarka została objęta autonomiczną obsługą, to również regularnie



raz w roku jest zamawiany serwis zewnętrzny. Pracownik serwisu wymienia filtry, olej oraz wykonuje czynności diagnostyczne. Wymiana oleju i filtrów przez serwis ma dodatkowe plusy – użytkownik sprężarki nie musi zajmować się utylizacją wymienionych części i oleju.

Podczas jednej z wizyt serwisowych pracownik serwisu poinformował, że jeden ze sterowników należy wymienić, ponieważ program diagnostyczny wykrywa niezgodności w jego pracy. Był to mikroobjaw, którego operatorzy nie zauważali. Sprężarka według oceny pracowników działała poprawnie, nie było alarmów, realizowana była ciągła praca, nie brakowało sprężonego powietrza, nikt więc nie podejrzewał, że sprężarka może być niesprawna. Mimo niesprawnego sterownika sprężarka mogła pracować. Najważniejszy był fakt, że sprężarka bez problemu pracowała do wymiany sterownika. Na wymianę należało poczekać 7 dni. Wymiana sterownika kosztowała 2000 zł netto.

## Rezultaty

Dzięki regularnym przeglądom można było uniknąć awarii oraz przestojów lub spadku wydajności produkcji. W październiku 2020 r. firmę odwiedził inspektor z UDT, który bez uwag przedłużył ważność legalizacji kompresora o kolejne dwa lata. Był pod wrażeniem wdrożonych działań autonomicznych i prewencyjnych. Dodatkowo poinformował, że w danym dniu była to jego 10 kontrola i jest mu bardzo miło, że chociaż jedna wizyta kończy się pozytywną opinią.

Standardami CIL obejmowane są w analizowanej firmie kolejne maszyny i urządzenia. Pracownicy wykonujący czynności CIL zgłaszają pomysły, aby usprawnić i ułatwić pracę na danych maszynach. Dodatkowym plusem takich działań jest to, że pracownicy dokładniej poznają maszyny, na których pracują. Należy pamiętać, że wprowadzone standardy nie kończą podjętej aktywności. Standardy należy stosować. Brak zainteresowania kierownictwa, właścicieli, prezesa może się skończyć tym, że przedsiębiorstwo będzie mieć super standardy, których nikt nie stosuje. Dlatego tak ważne jest zaangażowanie najwyższego kierownictwa.

## P15. Analiza systemu pomiarowego z wykorzystaniem metody Gauge R&R (Mateusz Matuszek)

### Opis sytuacji

W firmie zajmującej się produkcją lotniczą podczas operacji kontroli wymiarowej zaczęły się pojawiać wyroby niezgodne, w związku z niespełnianiem wymagań dla jednej z kluczowych charakterystyk. Wymiary wykonuje się na maszynie pomiarowej E-Gauge. Jest to cyfrowy miernik, który mierzy kluczowe charakterystyki na wyrobie za pomocą przetworników cyfrowych. Przetworniki te wykorzystują metodę LVDT (ang. *Linear Variable Differential Transformer*), są bardzo czułe i pozwalają na wykonywanie pomiarów z dokładnością do mikrometrów. Dział technologiczny postanowił sprawdzić, czy maszyna pomiarowa mierzy prawidłowo. Do sprawdzenia wykorzystano test R&R (Stadnicka, 2016).



## Analiza

Celem testu R&R jest wykazanie, że proces pomiaru jest stabilny. Skrót R&R oznacza *Repeatability and Reproducibility*, czyli powtarzalność i odtwarzalność. Test ten sprawdza, czy operatorzy używający przyrządu wykonują pomiar powtarzalny – czyli czy wynik kolejnych pomiarów jest taki sam na tym samym wyrobie, oraz odtwarzalny – czyli czy wynik jest taki sam dla różnych operatorów dokonujących pomiaru na tym samym wyrobie.

Przyjęto następujące dane wejściowe:

- charakterystyka A1,
- nominal: 1,15 mm,
- dolny zakres tolerancji: 1,05 mm,
- górny zakres tolerancji: 1,25 mm,
- $d_2 - 1,12838$  – stała odczytana z tablic.

## Opis rozwiązania

W ramach badania R&R podjęto następujące działania:

1. Przeprowadzono kalibrację przyrządu, czyli zrealizowano proces porównywania wzorca pomiarowego lub przyrządu o znanej dokładności z innym standardem lub przyrządem. Wykonuje się to, aby wykryć lub skorelować wszelkie zmiany. W ten sposób można dokonać korekty w celu wyeliminowania błędu pomiaru.
2. Przeprowadzono pomiary wykonane przez 3 operatorów na 10 sztukach wyrobu X z wykorzystaniem badanego przyrządu pomiarowego. Pomiar powtórzono trzykrotnie. Wyniki pomiarów prezentuje rys. P15.1.

Aby sprawdzić, czy przyrząd mierzy poprawnie, wykonano obliczenia przedstawione na rys. P15.2.

## Interpretacja wyników

Obliczona wartość wskaźnika R&R dla charakterystyki A1 wyniosła 27%. Oznacza to, że przyrząd nie mierzy poprawnie, ale jest dopuszczony do użytkowania. Jeżeli wskaźnik R&R jest poniżej 10%, to oznacza, że pomiar jest wykonywany prawidłowo, a przyrząd nie wymaga poprawy. Jeżeli wskaźnik ma wartość większą niż 10%, lecz poniżej 30%, to pomiar jest akceptowalny, lecz należy się zastanowić, jak poprawić jego dokładność. Jeżeli wartość R&R przekracza 30%, to pomiar jest nieakceptowalny.

Na podstawie analizy maszyny pomiarowej zostało udowodnione, że przyrząd pomiarowy nie mierzy poprawnie, gdyż wartość wskaźnika przekracza 10%. Zespół technologiczny na podstawie rozmowy z operatorami oraz po przeprowadzeniu doświadczenia stwierdził, że wartość ta wynika z braku doświadczenia części operatorów w bazowaniu wyrobów w przyrządzie pomiarowym. Aby poprawić wartość wskaźnika, postanowiono przeprowadzić szkolenie z zakresu bazowania części dla wszystkich operatorów.

	Nr wyrobu	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Rozstęp RI
OPERATOR 1	1	1,157	1,159	1,165	0,008
	2	1,085	1,086	1,092	0,007
	3	1,113	1,116	1,122	0,009
	4	1,203	1,209	1,215	0,012
	5	1,211	1,217	1,223	0,012
	6	1,107	1,114	1,12	0,013
	7	1,163	1,169	1,175	0,012
	8	1,101	1,102	1,108	0,007
	9	1,134	1,139	1,145	0,011
	10	1,207	1,208	1,214	0,007
OPERATOR 2	1	1,158	1,161	1,167	0,009
	2	1,082	1,087	1,093	0,011
	3	1,113	1,111	1,117	0,006
	4	1,203	1,208	1,214	0,011
	5	1,21	1,212	1,218	0,008
	6	1,107	1,112	1,118	0,011
	7	1,167	1,169	1,175	0,008
	8	1,099	1,102	1,108	0,009
	9	1,134	1,139	1,145	0,011
	10	1,205	1,209	1,215	0,010
OPERATOR 3	1	1,155	1,158	1,164	0,009
	2	1,083	1,088	1,094	0,011
	3	1,111	1,115	1,121	0,010
	4	1,204	1,208	1,214	0,010
	5	1,212	1,217	1,223	0,011
	6	1,108	1,112	1,118	0,010
	7	1,167	1,171	1,177	0,010
	8	1,1	1,103	1,109	0,009
	9	1,135	1,138	1,144	0,009
	10	1,206	1,209	1,215	0,009
				Sredni rozstep $\bar{R}$	0,010

Rys. P15.1. Zebrane wyniki pomiarowe dla charakterystyki A1

Źródło: Opracowanie własne.

**Powtarzalność (EV)**

$$EV = \bar{R} * K_1$$

$$K_1 = \frac{1}{d_2(1,12838)} = 0,8862$$

$$EV = \frac{\bar{R}}{d_2(1,12838)}$$

$$EV = \frac{0,01}{1,12838}$$

**EV = 0,009**

**Zmienność systemu (GRR)**

$$GRR = EV$$

$$\%GRR = \frac{6 * GRR}{T} * 100\%$$

$$\%GRR = \frac{6 * 0,009}{0,2} * 100\%$$

**%GRR = 27,00 %**

**Narzędzie dopuszczalne**

Rys. P15.2. Obliczenia do analizy R&R

Źródło: Opracowanie własne.



## Bibliografia

- [1] Stadnicka D. (2016), Wybrane metody i narzędzia doskonalenia procesów w praktyce. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.

### P16. Analiza wpływu temperatury na dokładność pomiaru

(Mateusz Gajda)

#### Opis problemu

Firma, w której został przedstawiony problem, zajmuje się produkcją silników odrzutowych do samolotów cywilnych oraz wojskowych. Wszystkie części, które składają się na cały zespół kompletnego silnika, są wykonywane z dużą dokładnością, mając na celu bezpieczeństwo użytkowników samolotów, czyli ludzi. Dokładność pomiarów ma więc duże znaczenie. Wszystkie narzędzia pomiarowe, tj. sprawdziany, mikrometry, suwmiarki, średnicówki i wiele innych przechodzą systematyczne kontrole w punkcie kalibracji, a następnie są legalizowane i dopuszczane do dalszego użytku. Istotnym problemem pojawiającym się podczas produkcji jest zmieniająca się temperatura, co wpływa na dokładność pomiarów. Błąd temperaturowy wiąże się ze zjawiskiem rozszerzalności cieplnej. Najprościej tłumacząc, metale pod wpływem wysokiej temperatury rozszerzają się, a pod wpływem niskiej się kurczą. Z tym faktem jest związane założenie, że w budowie maszyn postać geometryczną części maszyn definiuje się do temperatury 20°C, zwanej temperaturą odniesienia. W odniesieniu do weryfikacji geometrii wyrobów oznacza to, że w czasie pomiaru temperatura zarówno przyrządu, jak i przedmiotu w całej ich objętości powinna wynosić 20°C.

#### Analiza

Zachowanie jednakowej temperatury w całej objętości jest trudne do uzyskania. Wymaga długiego czasu pobytu w pomieszczeniu o stabilnych warunkach temperaturowych. Niespełnienie tego warunku szczególnie w przypadku przedmiotów o złożonej postaci skutkuje trudnymi do oceny zmianami wymiarów. Aby zniwelować błędy w dokonywaniu oceny jakości wyrobów, na podstawie wyników dokonanych pomiarów zaproponowano wprowadzenie kompensacji temperaturowej.

Błąd temperaturowy obliczono w następujący sposób (Jakubiec i in., 2016):

$$\delta_t = \delta_{tA} + \delta_{tD},$$

$$\delta_{tA} = L[(\alpha - \alpha_s)(\theta_s - 20^\circ\text{C})],$$

$$\delta_{tD} = L[\alpha(\theta - \theta_s)],$$

gdzie:  $L$  – mierzona długość,

$\alpha$  – współczynnik rozszerzalności cieplnej przedmiotu,

$\alpha_s$  – współczynnik rozszerzalności cieplnej przyrządu,

$\theta$  – temperatura przedmiotu,  
 $\theta_s$  – temperatura przyrządu.

Błąd temperaturowy jest sumą dwóch składowych:

$\delta_A$  – zależy od różnicy współczynników rozszerzalności cieplnej przyrządu i przedmiotu,

$\delta_D$  – zależy od różnicy temperatur przyrządu i przedmiotu.

Do obliczenia błędu lub poprawki temperaturowej potrzebna jest znajomość współczynników rozszerzalności materiału przedmiotu i przyrządu (wzorca) (tab. P16.1).

Tabela P16.1. Tabela korekcji temperaturowej dla danej części

Temperatura przyrządu (stopnie Celsjusza)	Temperatura części (stopnie Celsjusza)											
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
15	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
19	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
20	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
21	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
22	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
23	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
24	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
25	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
26	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0

Źródło: Opracowanie na podstawie technologii powstałej w wyniku badań w firmie Pratt and Whitney Rzeszów.

Przykładowo, przy temperaturze części wynoszącej 15°C i temperaturze przyrządu równej 20°C tabela nakazuje, aby do wartości wymiaru wpisywanego do karty pomiarowej dodać wartość 0,0005 cala (jednostki przyjęte w danej technologii).

### Opis rozwiązania

Korekcje temperaturowe są problemem powszechnym, z którym borykają się operatorzy maszyn CNC pracujący w firmach, w których produkuje się części z dużą dokładnością. W przypadku małych wymiarów rzadko stosuje się jego korekcję, natomiast gdy obróbce podlegają duże części i występują różnice temperatur, wartości wymiarów pomiędzy halami produkcyjnymi mogą znacząco od siebie odbiegać.

Rozwiązanie, jakie się proponuje, to rozważenie zakupu współrzędnościowych maszyn pomiarowych z opcją kompensacji temperaturowej, w których



istnieje możliwość zamontowania całego systemu pomiaru temperatury części. Tak czy inaczej, współrzędnościowe maszyny pomiarowe są używane na halach produkcyjnych, warto byłoby zatem mieć takie nowoczesne rozwiązanie. Za parę lat firma, próbując sprostać wymaganiom klienta, nie musiałaby kupować od razu całej maszyny, jedynie dokupić opcję kompensacji, nie nadwyrażając zbytnio funduszu przedsiębiorstwa.

Korzyści płynące z zakupu maszyny współrzędnościowej z opcją kompensacji temperaturowej są następujące:

- dokładniejsze wykonywanie pomiarów (wzrost satysfakcji klienta),
- szybsze przeprowadzanie operacji (operator nie musi dodatkowo mierzyć temperatury przyrządu i części),
- mniej sztuk niezgodnych (brak możliwości pomyłki operatora podczas przeprowadzania obliczeń kompensacyjnych).

## Bibliografia

- [1] Jakubiec W., Płowucha W., Rosner P. (2016), Błąd temperaturowy w pomiarach geometrycznych. *Mechanik*, 11. Dostępne na: <http://www.mechanik.media.pl/artykuly/blad-temperaturowy-w-pomiarach-geometrycznych.html> (dostęp: 01.02.2021).

## P17. Doskonalenie procesu inspekcji oraz serializacji dysków z zastosowaniem nowych narzędzi (Adam Kamiński)

### Opis problemu

Analizowany problem dotyczy standaryzacji inspekcji dysków oraz serializacji (wydawania zlecenia produkcyjnego) w obszarze kontroli wejściowej. Celem projektu była standaryzacja procesu kontroli dysków oraz ich serializacji przez optymalne wykorzystanie dostępnych zasobów oraz zastosowanie nowych narzędzi.

Projekt obejmuje proces kontroli dysków od momentu, gdy materiał pojawi się w obszarze kontroli wejściowej, oraz serializacji do momentu przekazania zlecenia do obróbki skrawaniem.

Obecnie są podejmowane następujące działania:

- 1) zapoznanie się z procesem kontroli i serializacji dysków,
- 2) sporządzenie Arkusza obserwacji (ang. *Observation Worksheet*) dla inspekcji i serializacji,
- 3) pomiar czasów,
- 4) analiza pomiarów czasu oraz wykonywanych operacji,
- 5) standaryzacja procesu kontroli i serializacji dysków,
- 6) przedstawienie usprawnień.

### Analiza

Inspekcja dysków jest realizowana w następujących krokach:

- 1) pobranie dokumentów oraz przewiezienie materiału w wolne miejsce pod suwnicą,

- 2) sprawdzenie zakresu kontroli w systemie Guardus PDE,
- 3) pobranie wymaganych narzędzi oraz środków ochrony,
- 4) odkręcenie zabezpieczeń ze skrzyni,
- 5) instalacja zabezpieczenia (poprzeczki rozporowej),
- 6) założenie zawiesia pasowego na wyrób,
- 7) wyciągnięcie wyrobu ze skrzyni z wykorzystaniem wyciągarki suwnicy,
- 8) kontrola wizualna wyrobu,
- 9) odłożenie wyrobu do skrzyni,
- 10) ponowne zabezpieczenie wyrobu w skrzyni,
- 11) zamknięcie kontroli w systemie Guardus PDE oraz wydrukowanie dokumentów,
- 12) załączenie wydrukowanych dokumentów do materiału,
- 13) transport materiału na miejsce odkładcze,
- 14) transport materiału do magazynu zewnętrznego.

Z kolei serializacja wyrobu jest realizowana w następujących krokach:

- 1) transport wyrobów oraz Gitterboxu pod suwnice z magazynu zewnętrznego,
- 2) pobranie narzędzi oraz środków ochrony (zawiesie, kask, rękawice itd.),
- 3) odkręcenie zabezpieczeń ze skrzyni,
- 4) instalacja zabezpieczenia (poprzeczki rozporowej),
- 5) wyciągnięcie wyrobu ze skrzyni z wykorzystaniem zawiesia pasowego,
- 6) sprawdzenie oraz zapisanie numeru seryjnego,
- 7) odłożenie wyrobu do Gitterboxu,
- 8) odłożenie narzędzi (zawiesie, kask, rękawice itd.),
- 9) wykonanie serializacji w systemie Guardus,
- 10) wydrukowanie listy numerów seryjnych oraz załączenie do przewodnika,
- 11) potwierdzenie wydania przewodnika w systemie SAP,
- 12) odłożenie przewodnika na materiał,
- 13) transport materiału na miejsce odkładcze,
- 14) transport materiału do obróbki skrawaniem – produkcja.

W procesie występują różne problemy oraz zagrożenia. Pierwszym z nich jest nieustandaryzowana szafa z narzędziami. Powoduje to:

- trudności podczas kontroli i serializacji wynikające z wykorzystywania zawiesia pasowego,
- występowanie wielu operacji, które są wykonywane zarówno podczas kontroli, jak i serializacji dysków.

### Opis rozwiązania

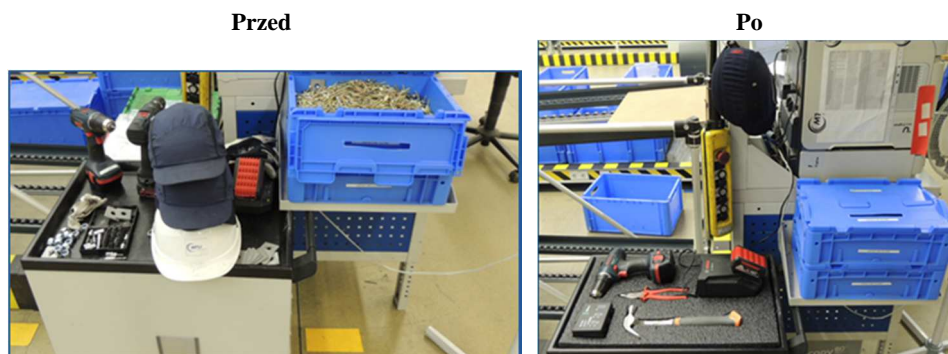
Po przeanalizowaniu problemów zaproponowano rozwiązania oraz podjęto następujące działania:

- 1) organizacja szafki z narzędziami z wykorzystaniem metody 5S,
- 2) zastąpienie zawiesia pasowego specjalnym uchwytem/hakiem,
- 3) wyeliminowanie powtarzających się operacji przez przekładanie dysków do „gitterboxów” podczas inspekcji,

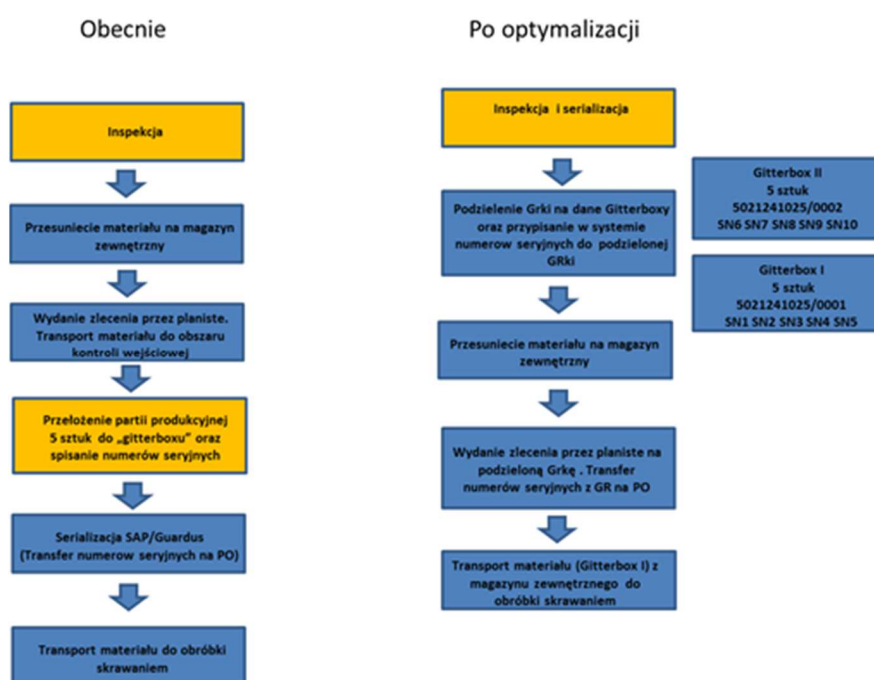


- 4) opracowanie rozwiązania systemowego umożliwiającego dzielenie skontrolowanego materiału w systemie na poszczególne „gitterboxy” z uwzględnieniem numerów seryjnych.

Rysunek P17.1 prezentuje niestandardyzowaną szafkę roboczą.



Rys. P17.1. Niestandardyzowana szafka robocza



Rys. P17.2. Schemat optymalizacji powtarzających się zdarzeń

Źródło: Opracowanie własne.

Z procesu wyeliminowano powtarzające się operacje oraz zbędny transport. Analizę czynności wykonywanych przed i po usprawnieniu przedstawiono na rys. P17.2.



Korzyści płynące z wprowadzonych usprawnień zaprezentowano w tab. P17.1.

Tabela P17.1. Tabela z korzyściami płynącymi z usprawnień

Proponowane akcje	Korzyści inspekcja	Korzyści serializacja	Razem	W skali roku
Organizacja stanowiska z narzędziami z wykorzystaniem metody 5S	-	-	-	-
Zastąpienie zawiesi pasowego specjalnym uchwytem/hakiem.	1,7 min	-	1,7 min	580min 1,19 dnia
Wyeliminowanie powtarzających się operacji poprzez przekładanie dysków do gitterboxów podczas inspekcji	6,7 min	27,4 min	34,1	11614min 23,75 dnia
Dzielenie skontrolowanego materiału w systemie na poszczególne „gitterboxy” z uwzględnieniem numerów seryjnych	? min Dodatkowe operacje	~ 8 min	? min	? min
			<b>Razem</b>	<b>~ 25 dni</b>

Źródło: Opracowanie własne.

W analizowanym projekcie zmiany, które zostały wdrożone, usprawniły pracę na linii. Dzięki temu wzrosła wydajność pracy oraz zwiększyła się stabilność procesu. Wprowadzone działania ustandaryzowały także proces inspekcji oraz serializacji dysków.

## P18. Automatyzacja pomiarów w przedsiębiorstwie z branży lotniczej (Adam Sarama)

### Opis problemu

Analizowane przedsiębiorstwo jest światowej klasy producentem silników lotniczych, komponentów i kompletnych jednostek napędowych przeznaczonych do samolotów cywilnych, wojskowych oraz do śmigłowców, takich jak Boeing, Lockheed Martin, Airbus i wiele innych. W jego głównej siedzibie jest zatrudnionych ponad 3000 pracowników. Od momentu powstania, tj. od 2000 r. firma nieustannie się rozwija. Zatrudnia najlepszych w okolicy specjalistów, m.in. technologów, konstruktorów, programistów, informatyków, ślusarzy, operatorów, kontrolerów jakości itd.

Działalność firmy opiera się głównie na produkcji wyrobów, takich jak:

- łopatkę lotnicze i przemysłowe,
- aparaty kierujące,
- wirniki turbin,
- komponenty lotnicze,



- wyroby z blachy (kadłuby sprężarek, komory spalania, dyfuzory, łopatki sprężarek),
- przekładnie silnikowe i śmigłowcowe,
- silniki lotnicze (odrzutowe, turbowałowe, turbośmigłowe),
- specjalne narzędzia i oprzyrządowanie produkcyjno-kontrolne do produkcji lotniczej.

Firma prowadzi również remonty i serwis własnych wyrobów.

Od dłuższego czasu do firmy zaczęły napływać zgłoszenia reklamacyjne od jednego z klientów, dotyczące obudowy silnika. Chodziło o warstwę teflonu, którą klient nakładał proszkowo na wewnętrzną część obudowy. Po procesie napyłania i zmierzeniu grubości warstwy nałożonego teflonu okazało się, że miejscami warstwa ta przekraczała dopuszczalną wartość grubości i element był niezgodny z wymaganymi normami, przez co obudowa nie mogła zostać poddana dalszemu procesowi montażu w zespole wyższym.

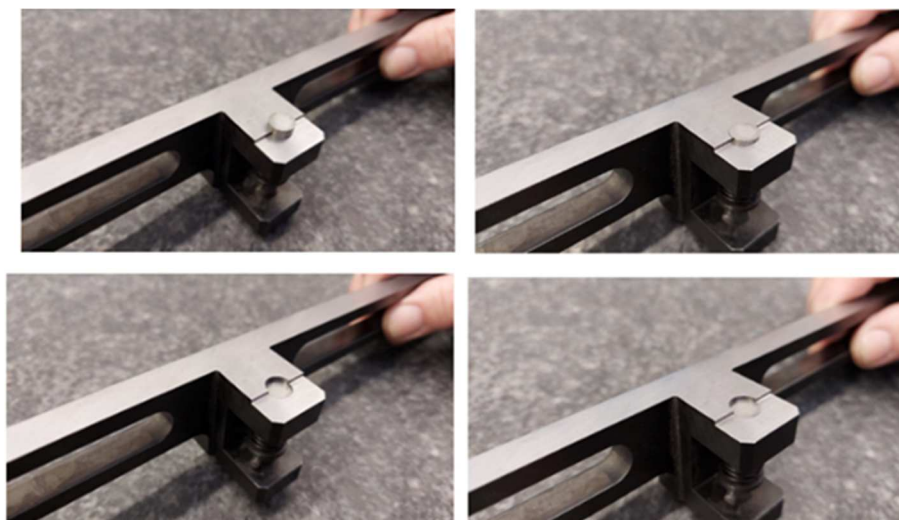
Zarząd firmy w celu utrzymania bezpieczeństwa lotu, dobrych relacji z klientem i jego zaufania zorganizował spotkanie, na którym powołano zespół składający się z najlepszego technologa w firmie oraz technologa, który prowadził i nadzorował cały proces produkcyjny ww. elementu obudowy. Zadaniem zespołu było prześledzenie procesu od samego początku, tj. od momentu wydania materiału z magazynu do kontroli ostatecznej.

## Analiza

Zespół po dokładnym i rzetelnym zapoznaniu się z treściami reklamacji rozpoczął dokładną obserwację całego procesu produkcyjnego na hali produkcyjnej. Po licznych obserwacjach wykonywanych operacji, takich jak: spawalnicza, międzyoperacyjna kontrola jakości, ślusarska, pomiarowa, rozciąganie i cięcie na laserze, zespół zauważył, że zaraz przed dostarczeniem obudowy silnika do kontroli ostatecznej, a następnie do sprzedaży gotowego i zgodnego wyrobu jest na nim sprawdzany przez ślusarza warunek błędu kształtu za pomocą sprawdzianu „przechodni/nieprzechodni” (ang. *go/no go*). Technolodzy jednogłośnie stwierdzili, że to właśnie ten warunek jest pojawiającym się w reklamacjach powodem występowania niezgodności i należy przyjrzeć mu się dokładnie.

Zasada działania sprawdzianu *go/no go* odnosi się do testu zaliczenia/niezaliczenia (bądź sprawdzenia), przy użyciu dwóch warunków brzegowych. Test nie daje żadnych informacji na temat wartości odchylenia od warunków brzegowych. Jest tylko zaliczany, gdy jest spełniony warunek *go* i niezaliczony, gdy wychodzi warunek *no go*. Schemat działania sprawdzianu przedstawiono na rys. P18.1.

Zespół stwierdził, że sprawdzian jest mało wiarygodny, aby używać go do pomiaru tak istotnego warunku, który może być potencjalnym źródłem reklamacji. Po ponownej analizie procesu technologicznego doszedł do wniosku, że kolejną operacją po ślusarskiej, w której użyty jest sprawdzian *go/no go*, jest operacja pomiarowa przy użyciu maszyny CMM.



Rys. P18.1. Schemat działania sprawdzianu *go/no go*

Stosowana współrzędnościowa maszyna pomiarowa CMM to model kontaktowy, który wykorzystuje sondy dotykowe, sferyczny obiekt używany do wykonywania pomiarów lub model bezkontaktowy, który wykorzystuje inne metody, takie jak kamery i lasery.

Po wspólnych konsultacjach zespołu technolog odpowiedzialny za proces wdrożył zmianę w technologii, która obejmowała pomiar błędu kształtu za pomocą maszyny pomiarowej. Dzięki temu zespół otrzymał informacje nie tylko o tym, czy wymiar jest zgodny/niezgodny, ale otrzymał wartości błędu kształtu, który był przyczyną reklamacji. Po pomiarze kolejnych sztuk okazało się, że we wszystkich przypadkach występował ten sam problem: wymiar był niezgodny (przekraczał górną granicę tolerancji).

### Opis rozwiązania

Podjęto następujące działania korygujące:

- technolog prowadzący usunął z technologii wytwarzania wyrobu (w operacji ślusarskiej) pomiar błędu kształtu za pomocą sprawdzianu *go/no go*,
- dodano pomiar błędu kształtu w operacji kontroli pomiarowej na maszynie CMM,
- stworzono i dodano do technologii operację poprawy błędu kształtu, która jest uruchamiana w razie występowania niezgodności.

Analizowany problem mógł spowodować utratę zaufania klienta, zmniejszenie zapotrzebowania na produkcję części, redukcję pracowników, a co za tym idzie – zmniejszenie zysków. Ogromne doświadczenie, dobra organizacja pracy i zaangażowanie pracowników pozwoliły wyeliminować błąd na stałe. Podjęte działania umocniły relacje firmy z klientem, a co najważniejsze – wzrosło zaufanie klienta do przedsiębiorstwa.

## **P19. Wpływ automatyzacji procesów produkcyjnych na efektywność i wydajność współczesnych przedsiębiorstw (Paweł Pociask)**

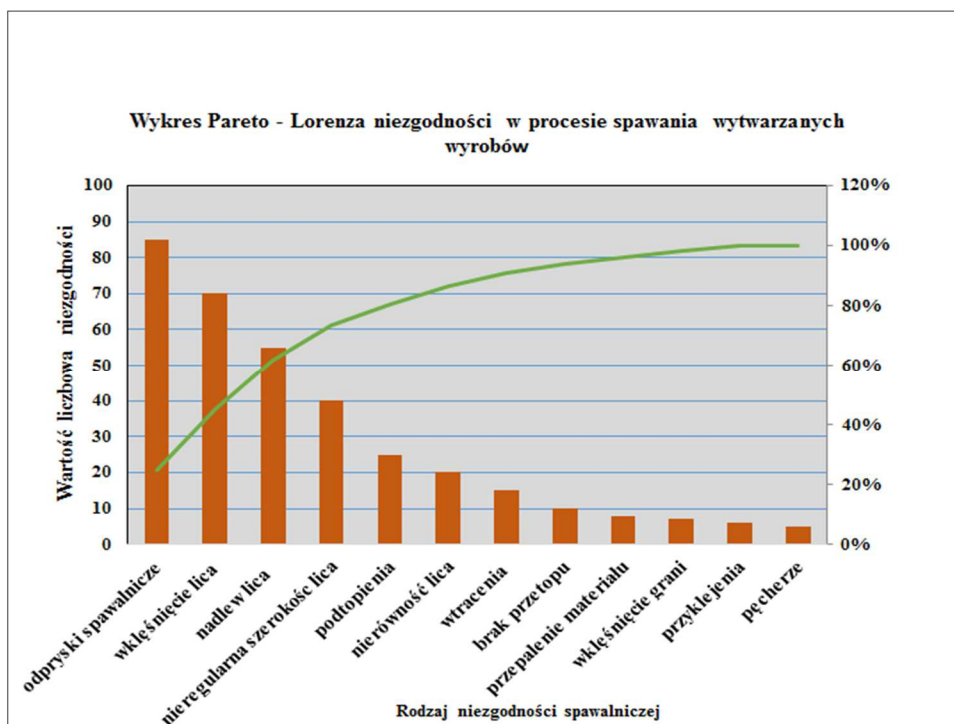
### **Opis sytuacji**

W rozwoju współczesnych przedsiębiorstw coraz większe znaczenie odgrywają nauka i technika. Z biegiem czasu zastępują one rolę tradycyjnych czynników rozwoju, tj. pracy, kapitału czy ziemi. Na współczesnym rynku zaczynają dominować przedsiębiorstwa, których technologia opiera się na wiedzy i nowoczesnej technice. Innowacyjność oraz automatyzacja poszczególnych procesów produkcyjnych są niezbędne na wszystkich etapach istnienia przedsiębiorstwa: od powstania pomysłu, przez fazę zakładania i startu firmy, zaistnienia i przetrwania na rynku, powodzenia i sukcesu, rozwoju, dojrzałości, aż do fazy schyłku i zamierania, kiedy to mogą się one stać początkiem nowego cyklu życia firmy (Hamrol, 2018). Obecnie najważniejszym czynnikiem umożliwiającym przyciąganie potencjalnych klientów, gwarantującym jednocześnie prawidłowe funkcjonowanie przedsiębiorstwa, jest standard oferowanych usług i rozwój technologii produkcji. Przedsiębiorstwa, chcąc zapewnić sobie stabilną pozycję na rynku, są zmuszone oferować produkty charakteryzujące się najwyższą jakością wykonania i niezawodnością. Aby to osiągnąć, muszą stale dążyć do ciągłego rozwoju przez wprowadzanie nowoczesnych technologii i unowocześnianie swojego parku maszynowego (Lewandowski, 2014).

Przedsiębiorstwo jest specjalistyczną firmą inżynierską realizującą zadania projektowe i wykonawcze w przemyśle spożywczym, chemicznym, rafineryjno-petrochemicznym, energetycznym, a także w sektorze ochrony środowiska. Głównym przedmiotem produkcji są wysokiej klasy spawane urządzenia ciśnieniowe i beciśnieniowe. Obecnie w przeciągu kilku lat firma nie podejmowała żadnych działań zmierzających do rozwoju i unowocześnienia swojej produkcji. W dalszym ciągu opierano się na mało doświadczonych pracownikach i prymitywnych maszynach. W ostateczności doprowadziło to do spadku wydajności, efektywności, a co za tym idzie – jakości świadczonych usług. Do firmy wpływało coraz mniej zleceń, a liczba reklamacji z powodu wadliwych połączeń spawanych ciągle wzrastała. W końcu zarząd firmy zdał sobie sprawę, że jakość wykonywanych złączy spawanych stanowi nieodłączny parametr jakości wyrobu, a to z kolei przekłada się na fakt, że oprócz rangi kontroli jakości procesów spawalniczych wzrasta przede wszystkim znaczenie jakości wykonania, z jednoczesnym dążeniem do zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacyjnego złączy spawanych.

### **Analiza**

W celu dokonania analizy został powołany zespół, którego celem było dogłębne przeanalizowanie całego procesu produkcyjnego. Okazało się, że najwięcej reklamacji jest powodowanych jakością połączeń spawanych. Mimo obróbki po spawaniu złącza były nadal przebarwione, a ich kształt nie spełniał wymagań klienta. Zaczęto szukać przyczyny takiego stanu. W tym celu posłużono się analizą Pareto-Lorenza (rys. P19.1).



Rys. P19.1. Diagram Pareto-Lorenza prezentujący najczęściej pojawiające się wady przed zastosowaniem automatu spawalniczego PAW (przed wdrożeniem zmian)

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy Pareto-Lorenza stwierdzono, że 80% najczęściej występujących wad stanowią niezgodności lica, wklęsnięcie, nadlew czy rozpryski.

Okazało się również, że główną przyczyną powstawania wad spawalniczych była niedbałość i brak doświadczenia ze strony spawaczy. Zrozumiano także, że człowiek nie jest w stanie wykonać idealnego złącza spawanego, którego kształt oraz wygląd będą takie same i nie będą przy tym obciążone niezgodnościami spawalniczymi (Kussmaul i Kraegeloh, 1973). Co więcej, maszyny spawalnicze znajdujące się w firmie były w bardzo złym stanie. Po przeprowadzeniu szczegółowej analizy raportów okazało się, że firma z powodu złej jakości spawów odnotowała 40% spadek przychodów. W związku z tym należało przeprowadzić wiele usprawnień całego procesu technologicznego zbiorników ciśnieniowych i bezciśnieniowych, aby firma zaczęła odnotowywać zyski, a jakość oferowanych wyrobów była jak najwyższa. Postanowiono, że główny nacisk zostanie położony na automatyzację procesu spawania.

## Opis rozwiązania

W celu osiągnięcia pożądaných rezultatów posłużono się rozwiązaniami, jakie oferuje koncepcja *Lean Management*. Postanowiono wdrożyć w całym zakładzie strategię TPM. Ustalono plan oraz wyznaczono cele do osiągnięcia. Skupiono się na obszarach, które są najsłabszym ogniwem z punktu widzenia organizacji (Duplaga i Stadnicka, 2017). Efektem tego było opracowanie harmonogramu realizacji przeglądów maszyn. Opracowano plan realizacji RCE (ang. *Root Cause Analysis*), stworzono bazy części zamiennych oraz zapewniono zaangażowanie operatorów przy realizacji bieżącej obsługi konserwacyjnej (PM-1). Dzięki temu uzyskano: wzrost produktywności, poprawę jakości produkcji, skrócenie czasu cyklu produkcyjnego, obniżenie kosztów produkcji. Zwiększono również stopień wykorzystania zdolności produkcyjnych zakładu.

Kolejnym krokiem było opracowanie wydajnego systemu kontroli jakości. Stworzono odpowiednią do tego celu komórkę, która składa się z doświadczonych i kompetentnych pracowników. Wprowadzone zostały karty kontrolne, monitorujące poszczególne procesy produkcyjne. Zadbano również o szkolenia dla monterów, operatorów maszyn i spawaczy.

Następnie podjęto najważniejszą decyzję – postanowiono w pełni zautomatyzować proces spawania (Restocka, Wolniak, 2017). Zdecydowano się na zakup automatu spawalniczego Nertamatic 450. Urządzenie to wykorzystuje metodę spawania PAW (ang. *Plasma Arc Welding*) – spawanie z wykorzystaniem ogniskowania łuku elektrycznego (rys. P19.2). Pozwoliło to na zwiększenie wydajności produkcji oraz – co najważniejsze – osiągnięcie powtarzalności wytwarzanych wyrobów (Kah i Martikainem, 2011). Ponadto czas procesu spawania uległ znacznemu zmniejszeniu.



Rys. P19.2. Urządzenie Nertamatic podczas procesu spawania PAW

W celu sprawdzenia efektów wdrożonych usprawnień posłużono się wskaźnikiem do oceny jakości procesu spawania w postaci karty kontrolnej, która przedstawiała udział procentowy wyrobów zgodnych w wyrobach wyprodukowanych. Po wdrożeniu zaprezentowanych rozwiązań osiągnięto znaczącą poprawę.

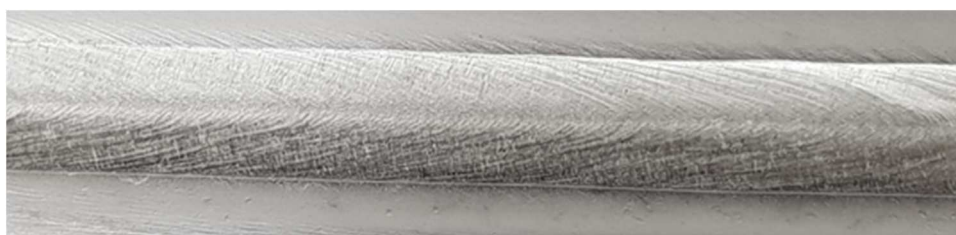
Rezultaty uzyskane po zastosowaniu urządzenia Nertamatic 450 przedstawiono na rys. P19.3-P19.5.



Rys. P19.3. Lico spoiny 1. wykonanej metodą PAW przed czyszczeniem, za pomocą zakupionego urządzenia Nertamatic 450



Rys. P19.4. Lico spoiny 2. wykonanej metodą PAW przed czyszczeniem, za pomocą zakupionego urządzenia Nertamatic 450



Rys. P19.5. Lico spoiny wykonanej metodą PAW po wytrawieniu, za pomocą zakupionego urządzenia Nertamatic 450

Rysunki P19.3-P19.5 przedstawiają spoiny wykonane w pełni zautomatyzowaną metodą PAW za pomocą zakupionego urządzenia spawalniczego Nertamatic 450. Uzyskane złącza spawane są wolne od wszelkich niezgodności spawalniczych z zachowaniem powtarzalności. W celu porównania, na rys. P19.6 zaprezentowano spoinę wykonaną w sposób ręczny metodą MIG (Metal Inert Gas). Jak widać, znacząco różni się ona od spoin wykonanych metodą PAW.

Wdrożone rozwiązanie pozwoliło na stworzenie szybkiej, efektywnej i wydajnej technologii produkcyjnej wpływającej na znaczne zmniejszenie kosztów (Restecka i Wolniak, 2017). Dzięki automatyzacji procesów spawalniczych możliwe jest nie tylko zwiększenie wydajności całej produkcji, ale także wzmożenie



Rys. P19.6. Lico spoiny wykonanej metodą MIG (spawanie ręczne)

kontroli nad parametrami całego procesu spawania, poprawa jakości spoin oraz zminimalizowanie konieczności wprowadzania poprawek, co bezpośrednio przekłada się na oszczędności.

### **Bibliografia**

- [1] Dupłaga M., Stadnicka D. (2009), Wdrażanie TPM w praktyce dużego przedsiębiorstwa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [2] Hamrol A. (2018), Strategie i Praktyki Sprawnego Działania (Len, Six Sigma i inne). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [3] Kah P., Martikainen J. (2011), Aktualne trendy w procesach i materiałach spawalniczych: poprawa efektywności. Lappeenranta University of Technology, Finlandia.
- [4] Kussmaul K., Kraegeloh E. (1973), Powstawanie, znaczenie i ocena wad spawalniczych w zbiornikach ciśnieniowych. International Journal of Pressure Vessels.
- [5] Lewandowski J., Skołod B., Plinta D. (2014), Organizacja systemów produkcyjnych. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [6] Rostecka M., Wolniak R. (2017), Doskonalenie jakości procesów spawalniczych w wyniku wdrożenia robotyzacji. Instytut Spawalnictwa, Częstochowa.

## **P20. Rozwój robotyki we współczesnym systemie produkcyjnym**

(Sylwester Fuglewicz)

### **Opis problemu**

Rozwój robotyzacji postępuje bardzo dynamicznie. Według danych Międzynarodowej Federacji Robotyki liczba robotów zwiększa się rocznie o 23% w przypadku robotów współpracujących i o 5% w przypadku robotów przemysłowych (Zrobotyzowany, 2019). Obecnie robotyka intensywnie pojawia się w branżach, gdzie potrzebne są powtarzalne ruchy ludzkich rąk. Najczęściej automatyzuje się procesy produkcyjne w przemyśle: motoryzacyjnym, farmaceutycznym, kosmetycznym, meblarskim, elektronicznym, AGD/RTV, obróbce metalu, przetwórstwie tworzyw sztucznych, badaniach (WObit, 2020).

Automatyzacja prac magazynowych wózków jezdniowych systemu STILL iGo opiera się na podsystemie iGoEasy – automatyzacja pracy wózków jezdniowych za pomocą aplikacji na tablecie (Sosnowski, 2020).

Analizowana firma działa w branży elektrycznej i zajmuje się produkcją gniazd i wtyczek. Firma zanotowała duże koszty związane z transportem we-

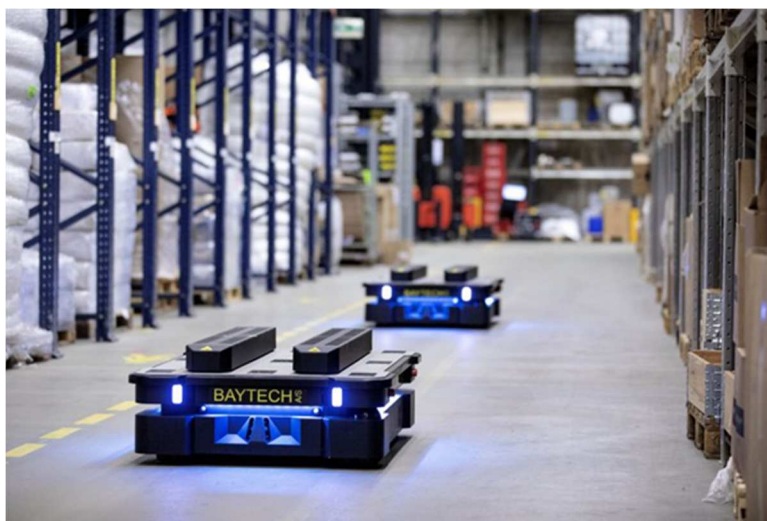


wnętrznym. Największym problemem są koszty związane z transportem oraz czas transportu z linii produkcyjnej do magazynu. Dotychczasowy transport gotowych wyrobów zajmuje zbyt wiele czasu, zwiększa koszty działania oraz nie zachowuje standardów BHP. Pracownicy zajmujący się transportem towarów po 3 godzinach pracy są mało wydajni. Praca ta jest monotonna i wyczerpująca, dlatego należy odciążyć zatrudnionych. Również częste braki kadrowe przysparzają kłopotów przy planowaniu pracy. Pracownicy nie są nieomylni, przez co łatwo o wypadek.

### Analiza

Rozwiązaniem, które mogło być wdrożone w celu obniżenia kosztów transportu, a także optymalizacji procesu transportu wewnątrzzakładowego, było wprowadzenie mobilnego robota transportowego typu AGV, zdolnego do transportowania dwóch warstw produktów na jednej palecie. Pozwoliło to umieścić więcej towaru w ciężarówce. W ten sposób redukuje się koszty transportu. Mniejsza jest także liczba zużytych palet, co również ogranicza koszty. Okres zwrotu inwestycji dla zakładu był satysfakcjonujący. Został obliczony na podstawie redukcji kosztów wewnętrznych związanych z transportem.

W przemyśle mają zastosowanie różne roboty. Roboty mobilne (rys. P20.1) zwiększają komfort pracy, podnoszą wydajność, a co za tym idzie – powodują zmniejszenie wydatków oraz podnoszą bezpieczeństwo w zakładach produkcyjnych. Taki robot gwarantuje kompletną obsługę linii produkcyjnej, usuwając zbędne oraz drogie przestoje. Ze względu na innowacyjne oprogramowanie automat porusza się indywidualnie i nie potrzebuje obsługi przeszkolonego operatora, dzięki czemu można oszczędzić czas i pieniądze. Do wdrożenia wybrano robot AGV (rys. P20.1).



Rys. P20.1. Robot mobilny poruszający się po magazynie

Źródło: <https://scm.dk/icm-effektiverer-lagerlogistikken-med-mobile-robotter>.

## Opis rozwiązania

Robot mobilny odbiera palety z gotowym produktem z linii produkcyjnej oraz dostarcza na tę linię puste palety. Operator po zakończeniu pracy z paletą wzywa robota przez wewnętrzny system. Robot zabiera wtedy paletę przygotowaną przez magazyniera i zawozi ją na linię produkcyjną. Wdrożenie robota autonomicznego pozwoliło zastąpić wykorzystywany do tej pory wózek paletowy.

Robot skanuje całą przestrzeń wokół siebie, uniemożliwiając jakąkolwiek kolizję. Urządzenie pracuje w systemie trzyzmianowym pięć dni w tygodniu. Podczas każdej zmiany wykonuje 40 misji, a każda z nich ma długość ok. 150 m, więc podczas całej zmiany pokonuje trasę o długości ok. 6 km. Jeśli zachodzi potrzeba zmiany misji robota, np. wystąpi potrzeba drobnej zmiany w trasie, to zmiany te są wykonywane przez odpowiedzialnego pracownika.

Wdrożenie robota, korekty i optymalizacja procesu zajęły kilka tygodni. Po kilku miesiącach pracy można było zauważyć, że robot mobilny pomógł usprawnić transport wewnątrzzakładowy, co pozwoliło na podłączenie go do kolejnego procesu produkcyjnego.

Zwiększenie bezpieczeństwa wspierają lasery zamontowane dookoła robota, które w sposób ciągły skanują i monitorują otoczenie. Robot jest w stanie wykrywać ludzi oraz maszyny, zatrzymując się lub omijając pracownika lub przeszkodę. Bezpieczeństwo zwiększone jest także dzięki zastosowaniu sygnałów dźwiękowych i świetlnych (rys. P20.2).



Rys. P20.2. Zastosowanie czujników laserowych

Źródło: [https://www.youtube.com/channel/UC3MRxsNU6AW\\_hKdExtnGr1Q](https://www.youtube.com/channel/UC3MRxsNU6AW_hKdExtnGr1Q).

Dzięki udźwigowi do 500 kg robot ma możliwość przewożenia więcej niż jednej warstwy produktu na jednej paletce. Dzięki elastyczności robota łatwiej i taniej można przeorganizować przestrzeń wewnątrz zakładu. Przy wyborze robota kluczowym elementem były kwestie bezpieczeństwa oraz udźwig, jednak ważne okazały się również: elastyczność, łatwość obsługi oraz szybkość wdrożenia.

## Bibliografia

- [1] Sosnowski P. (2020), Nowoczesne technologie mobilne w magazynowaniu w świetle koncepcji Internet of Things. Napędy i Sterowanie, 22.
- [2] WObit, (2020), Autonomiczny robot mobilny – elastyczne rozwiązanie do transportu wewnętrznego. Dostępne na: <https://www.automatyka.pl/> (dostęp: 18.02.2021).
- [3] Zrobotyzowany, (2019), Roboty przemysłowe – raport IFR 2019. Dostępne na: <https://zrobotyzowany.pl/> (dostęp: 18.02.2021).

## P21. Elektroniczna dokumentacja i informatyzacja stanowisk przy obróbce skrawaniem (Krzysztof Walawender)

### Opis problemu

Analizowany problem dotyczy obiegu dokumentacji. Do tej pory dokumentacja techniczna w analizowanej firmie była wydawana na stanowiska robocze w formie papierowej. Dział technologiczny opracowywał technologię, następnie przekazywał ją do działu dokumentacji, skąd po sprawdzeniu i zatwierdzeniu trafiała do operatorów na produkcji. Papierowy przewodnik produkcyjny był umieszczony w pudełku z wyrobami w celu ich identyfikacji. Operator po otrzymaniu zlecenia produkcyjnego musiał podejść do działu dokumentacji technicznej i pobrać odpowiednie instrukcje potrzebne do wykonania danych elementów produkcyjnych. Jeśli maszyna znajdowała się po przeciwnej stronie hali produkcyjnej, samo wypożyczenie odpowiednich rysunków i programów zajmowało parę minut.

Głównym założeniem wprowadzenia innowacji jest usprawnienie procesu obiegu dokumentacji technicznej oraz procesu szybkiego reagowania w odniesieniu do bieżącej produkcji, celem jak najszybszej eliminacji postojów maszyn. Dodatkowo docelowy system powinien pozwalać na bieżąco monitorować aktualny status, w jakim znajduje się stanowisko robocze.

Dotychczas operator maszyny, rozpoczynając pracę, logował się w systemie i wpisywał numer przewodnika produkcyjnego z zaznaczeniem numeru operacji. Po wykonaniu elementów pracownik ponownie logował się do systemu, wprowadzając liczbę wykonanych sztuk. Logowanie odbywało się na wspólnych dla wszystkich pracowników stanowiskach komputerowych, umieszczonych w kilku miejscach na hali. Przewodniki papierowe z kartą pomiarową i kartą kontroli międzyoperacyjnej były wypełniane ręcznie przez pracowników wykonujących daną operację i podbijane ich stemplem identyfikacyjnym.

Bardzo istotnym problemem w dotychczasowym funkcjonowaniu procesu obiegu dokumentacji było nadzorowanie zmian w produkcji i procesach wytwarzania. Dokumentacja raz wydrukowana miała tę wadę, że aby wprowadzić na niej zmianę, należało ją odnaleźć, łącznie ze wszystkimi kopiami. Zmianę można było wprowadzić dopiero w kompletnej dokumentacji. W przypadku wykrycia niezgodności w dokumentacji lub w przypadku konieczności dokonania zmiany wprowadzanie zmian znacznie opóźniało możliwość rozpoczęcia produkcji. Dodatkowo zmiany konstrukcyjne produkowanego wyrobu, przez zbyt późną



wymianę dokumentacji, mogły powodować powstanie partii części niezgodnych (Szymonik, 2018).

### **Analiza i identyfikacja możliwości doskonalenia procesu**

Przy skomplikowanej produkcji problemy technologiczne mogą wystąpić niemal codziennie. Czas reakcji na problemy technologiczne czy awarię również odgrywa dużą rolę w przestoju maszyn, gdzie każda minuta postoju maszyny generuje ogromne koszty. Dokumentacja elektroniczna, dzięki wykorzystaniu komputeryzacji, może być dużo szybciej dostępna na stanowisku pracy operatora niż przy wykorzystaniu standardowych dokumentów papierowych. Wprowadzenie takiej innowacji ma także znaczenie dla ekologii, gdyż przyczynia się do zmniejszenia ilości zużywanego papieru. Duża część papieru zostanie zastąpiona plikami komputerowymi. Szeroka cyfryzacja pozwoli nie tylko na oszczędność papieru, ale wpłynie także pozytywnie na środowisko naturalne (Mleczko, 2013; Mleczko, 2021).

Dodatkowo, wraz z komputeryzacją można wprowadzić innowacyjny system powiadomień. Nagłe problemy wynikłe podczas produkcji można zgłosić przez specjalne oprogramowanie. Od razu odpowiednia informacja jest przekazywana do działu technologicznego bądź do działu utrzymania ruchu, wskazując potencjalne problemy i pozwalając na szybkie zareagowanie i usunięcie przeszkód.

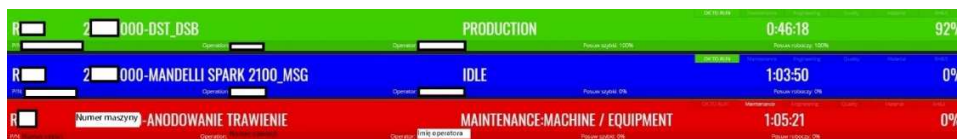
### **Opis rozwiązania**

Dotychczasowa papierowa dokumentacja została zastąpiona przez cyfrową bazę danych, z której może korzystać każdy pracownik na swoim komputerze. Stanowiska operatorów maszyn CNC zostały wyposażone w komputery z zainstalowanym oprogramowaniem. Dzięki wprowadzeniu do użytku nowego sprzętu możliwe będzie uniknięcie kolejek przy komputerach do logowania przewodników. W opisywanym rozwiązaniu każdy pracownik może według swoich uprawnień korzystać z zasobów bazy danych. Zmiany w dokumentacji mogą być wprowadzane i przekazywane do produkcji przez osoby do tego upoważnione, „od ręki”, w czasie rzeczywistym. Dział dokumentacji nie będzie tracił czasu na poszukiwanie kilku kopii dokumentów przy wprowadzaniu nowych rewizji wydania.

Dodatkowo przez aplikację operator ma możliwość zgłaszania problemów technicznych (tzw. ANDON) wynikłych w trakcie aktualnej produkcji. Wiadomość taka trafia bezpośrednio do osób odpowiedzialnych za rozwiązanie wyniku problemu. Niezaprzeczalnym atutem jest wzrost poziomu komunikacji w całej firmie. Pracownicy mają ciągły dostęp do aktualnego statusu produkcji, mogą się szybko zorientować w aktualnym statusie produkcji, bez potrzeby opuszczania swojego stanowiska pracy.

Po zastosowaniu pomysłu dokumentacja rysunkowa i programowa jest umieszczana i aktualizowana w bazie danych przez pracowników działu dokumentacji technicznej. Po zatwierdzeniu widoczna jest również dla pracowników produkcyjnych. Operatorzy na produkcji, rozpoczynając swoją pracę, logują się do systemu komputerowego za pomocą indywidualnej dla każdego pracownika

karty magnetycznej. W oprogramowaniu są wprowadzane dane identyfikujące przewodnik i wykonywaną operację. Po wykonaniu wyrobów w systemie oznaczana jest liczba wyprodukowanych sztuk. Planowanie produkcji przez cały czas posiada aktualną informację, na jakim etapie produkcji jest dana część. Dzięki temu można lepiej zorganizować przepływ zleceń. Rysunek P21.1 prezentuje widok statusu wybranej maszyny widoczny w systemie komputerowym.



Rys. P21.1. Przykład widoku statusu maszyny

Źródło: Opracowanie własne.

Dodatkowym atutem przy komputeryzacji stanowisk operatorów maszyn jest możliwość wyświetlenia operatorom symulacji i modeli 3D gotowych wyrobów. Operatorzy mniej doświadczeni w czytaniu rysunku 2D mogą zobaczyć wyrób i sposób obróbki na monitorze przed wykonaniem danej operacji na maszynie, co może ograniczyć liczbę błędów, np. przez zidentyfikowanie innych ruchów maszyny w stosunku do symulacji obróbki. Pracownik może w ten sposób szybciej zauważyć błąd, np. w przypadku wgrania innego programu obróbkowego (Jąkański i Jęczarek, 2020).

## Bibliografia

- [1] Jąkański K., Jęczarek T. (2020), Od dokumentacji papierowej do elektronicznej listy części – prezentacja Siemens Industry Software. Dostępne na: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_pl/Images/Od\\_dokumentacji\\_papierowej\\_do\\_elektronicznej\\_listy\\_cz%C4%99%C5%9Bci\\_tcm801-126050.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/en_pl/Images/Od_dokumentacji_papierowej_do_elektronicznej_listy_cz%C4%99%C5%9Bci_tcm801-126050.pdf) (dostęp: 23.01.2021).
- [2] Młeczko J. (2013), Wykorzystywanie elektronicznej formy dokumentacji wytwarzania w jednostkowej i małoseryjnej produkcji wyrobów. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, 16, 2, 23-34.
- [3] Młeczko J. (2021), Zarządzanie procesami produkcji bez papieru. Dostępne na: <https://www.rekord.com.pl/erp-artykuly/479-w-strone-zarzadzania-produkcja-bez-papierow/> (dostęp: 23.01.2021).
- [4] Szymonik A. (2018), Wykorzystanie elektronicznej formy dokumentacji wytwarzania wyrobów. Dostępne na: [http://www.gen-prof.pl/z\\_p\\_8.pdf](http://www.gen-prof.pl/z_p_8.pdf) (dostęp: 23.01.2021).

## P22. Zastosowanie systemów CAD oraz metod szybkiego prototypowania w projektowaniu technicznym (Piotr Skwierz)

### Opis sytuacji

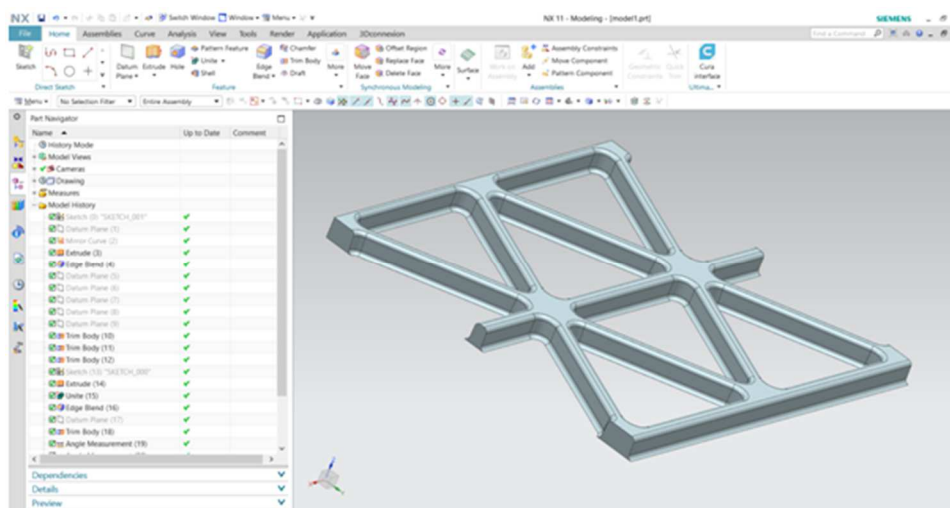
Systemy CAD są obecnie niezbędnym narzędziem w pracy każdego konstruktora oraz inżyniera związanego bezpośrednio z procesem projektowania maszyn technologicznych i nie tylko. Konstruktor jest odpowiedzialny za poprawne dzia-



łanie danej maszyny. Bardzo ważna jest więc analiza doboru materiałów, z jakich wyrób będzie wykonany, oraz ustalenie tolerancji wymiarowo-kształtowych. Muszą być one odpowiednio dobrane do zaistniałych warunków pracy, montażu oraz przyszłej pracy urządzenia. Program CAD w znacznym stopniu usprawnia pracę konstruktora w porównaniu z tradycyjną deską kreślarską. Przede wszystkim błędy są dużo łatwiejsze do wychwycenia, a ich korekta jest zdecydowanie szybsza i bardziej efektywna. Programy typu CAD mają również możliwość analizy z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES), co dodatkowo ułatwia dobór materiałów czy rozwiązań technologicznych.

Niejednokrotnie konstruktor jako twórca zupełnie nowego rozwiązania musi polegać na swojej „intuicji inżynierskiej” oraz zastosować przykłady, które nie są możliwe w całości do przeanalizowania przez programy CAD/MES. Bardzo często projekt taki, jako zupełnie innowacyjne rozwiązanie, może się okazać nie do końca poprawnym rozwiązaniem ze względu na błędne założenia kształtów współpracujących ze sobą elementów, nadanie błędnej kinematyki mechanizmowi, źle wykonaną powierzchnię itp. Zlecenie wykonania prototypu do firmy zewnętrznej wiąże się z bardzo dużym opóźnieniem czasowym projektu. Ponadto wyprodukowanie prototypu jest dość drogie – jeśli prototyp nie spełni swojej roli, należy wykonać kolejny projekt i zlecić wykonanie kolejnego prototypu, aż do uzyskania zadowalających efektów. Proces ten jest bardzo czasochłonny oraz drogi.

Rysunek P22.1 prezentuje zamodelowany element siatki typu *iso grid* pełniący rolę prototypu pod wykonanie laminatu kształtowego do badań wytrzymałościowych.



Rys. P22.1. Przykład programu typu CAD – Siemens NX

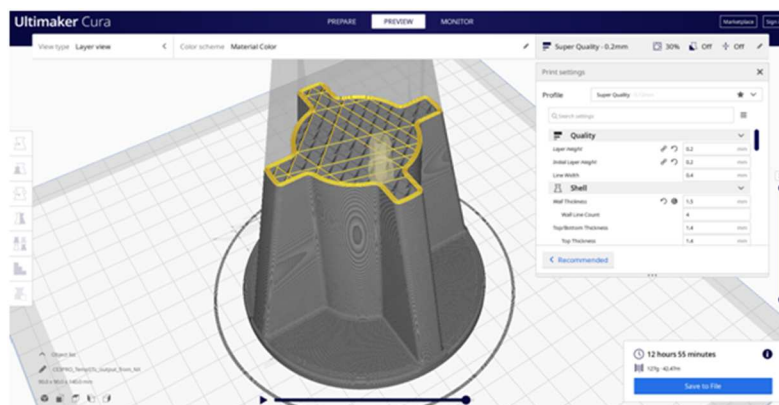
Źródło: Opracowanie własne.

## Analiza

Doskonaleniem procesu kompleksowego konstruowania maszyn/przyrządów byłyby niezależne i tanie prototypowanie wstępne innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Najlepszym, ale zarazem najdroższym rozwiązaniem byłoby powołanie w zakładzie nowego działu produkcyjnego zajmującego się produkcją jednostkową (tzw. dział narzędziowy). Dział taki wykonuje dokładne przyrządy, narzędzia oraz wyroby. Powołanie takiego działu wiązałoby się z zakupem specjalistycznych i drogich maszyn, powiększeniem struktury całej firmy o kolejny dział, koniecznością wydzielenia miejsca na hali produkcyjnej dla takiego działu oraz zatrudnieniem wysoko wykwalifikowanych fachowców. Jest to opcja bardzo droga, lecz z dużym potencjałem.

Sposobem na wyprodukowanie prototypowych innowacyjnych rozwiązań byłoby również zakupienie drukarki 3D w technologii SLM (ang. *Selective Laser Sintering*). Maszyna tego typu ma spory potencjał. Można drukować obiekty 3D w metalu. Sama maszyna jest jednak dość droga i na tyle skomplikowana, że potrzebne byłoby zatrudnienie dodatkowej osoby i przeszkolenie jej do obsługi. Potencjał tego rozwiązania jest o tyle duży, że byłaby możliwość wykonania niektórych gotowych elementów urządzeń bez konieczności ich wcześniejszego prototypowania. Niestety, tak wykonane elementy są stosunkowo drogie.

Kolejną opcją jest zastosowanie druku 3D w technologii FDM (ang. *Fused Deposition Modelling*). Metoda charakteryzuje się wytłaczaniem filamentu (zwykle tworzyw sztucznych). Filament w ustandaryzowanej średnicy żyłki o stałym, dokładnym przekroju jest podawany przez ekstruder do podgrzanej dyszy, która rozprowadza materiał w formie nitki, również o stałym przekroju. Metoda jest obecnie najbardziej rozpowszechnionym typem druku 3D i jednocześnie najszybszą metodą tzw. szybkiego prototypowania (ang. *Rapid Prototyping*). Charakteryzuje się bardzo tanimi urządzeniami oraz dużymi możliwościami. Obecnie na rynku dostępnych jest kilka programów typu CAM – w tym wypadku nazywanych



Rys. P22.2. Przykład darmowego programu typu Slicer – Ultimaker Cura

Źródło: Opracowanie własne.

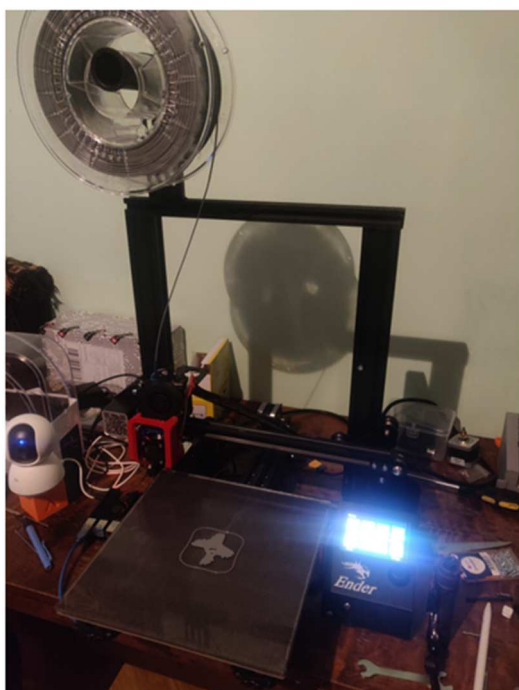


„slicerami”, charakteryzujących się intuicyjnością i łatwością w użytkowaniu. Większość programów jest całkowicie darmowa. Sama drukarka to stosunkowo niewielkie urządzenie, a konserwacja tego typu urządzeń jest bardzo prosta. Niekomplikowana budowa urządzenia powoduje, że drukarka nie przysparza problemów przeciętnemu inżynierowi mechanikowi. Mnogość poradników w serwisach internetowych i stopień rozpowszechnienia tego typu urządzeń nie wymaga zbyt długiego szkolenia. Nie jest konieczne zatrudnianie nowych osób do obsługi takiej drukarki.

Rysunek P22.2 prezentuje symulację obróbki jednej z warstw prototypu. Jest to przykład wzmocnionej podpory łóżka.

### Opis rozwiązania

Analiza wykazała, że najlepszym sposobem na szybkie prototypowanie jest zdecydowanie wydruk metodą FDM, zwykle tworzyw sztucznych. W firmie zakupiono drukarkę Ender (rys. P22.3).



Rys. P22.3. Przykład drukarki FDM – Creality Ender 3 PRO

Metoda FDM jest stosunkowo prosta i nie wymaga długich szkoleń. Darmowe programy typu slicer są w stanie w błyskawiczny sposób przekonwertować bryłę z programów typu CAD w kod G, a następnie z powodzeniem wydrukować wyrób. Wszyscy konstruktorzy, po krótkim zapoznaniu się z technologią, mogą drukować swoje prototypy. Konstruktorzy korzystają z drukarek 3D, aby sprawdzić różne rozwiązania kształtów i połączeń, podpór w przyrządach itp. Często

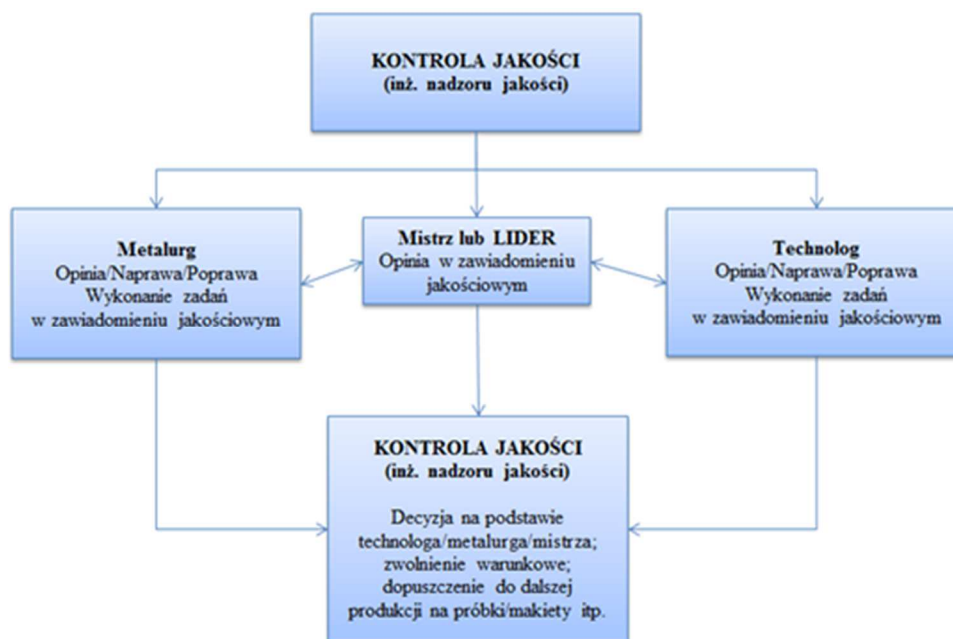


klient (w wielu przypadkach dział produkcyjny) sam do końca nie wie, czego oczekuje od nowego przyrządu. W takim wypadku jest drukowany prototyp, sprawdzane jest jego działanie i przeprowadzana analiza. Następnie są nanoszone poprawki. Takie zmiany trwają czasem jedynie kilka godzin wraz z wydrukiem wyrobów. Metoda jest niezwykle prosta, tania i efektywna. Druk 3D zaoszczędził firmie sporo pieniędzy, a konstruktorom daje pewność w konstruowaniu nowych rozwiązań. Podsumowując, drukarka przyniosła wiele nowych możliwości i znacznie uatrakcyjniła pracę konstruktorom.

### **P23. Wdrożenie elektronicznego systemu przydzielania zadań w sekcji technologicznej** (Kamil Biały)

#### **Opis sytuacji**

Analizowany przykład dotyczy problemu niesystematycznego przydzielania zadań w sekcji technologicznej, zauważonego w przedsiębiorstwie branży lotniczej. Do podjęcia ostatecznej decyzji dotyczącej działań związanych ze zidentyfikowaną niezgodnością inżynier nadzoru jakości potrzebuje opinii wszystkich jednostek sprawujących nadzór nad procesem, a w szczególności sekcji technologicznej, której własnością jest technologia obróbki. Schemat zaprezentowany na rys. P23.1 ukazuje jednostki, które muszą wystawić opinię w zawiadomieniu jakościowym.



Rys. P23.1. Tok opiniowania wyrobu niezgodnego

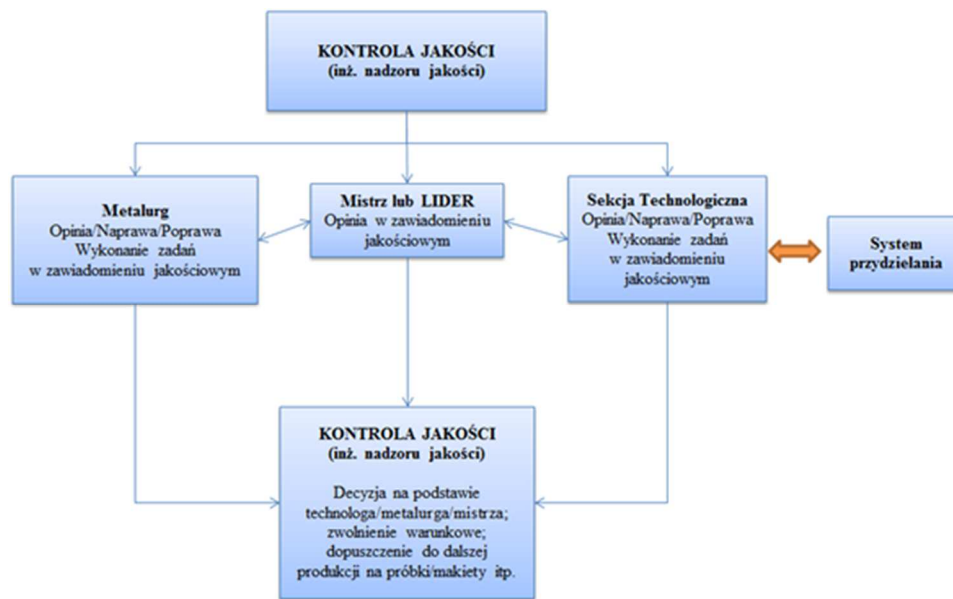
Źródło: Opracowanie własne.

Bardzo duża produkcja w zakładzie powoduje również bardzo dużo powstających niezgodności. Obecnie kierownik sekcji technologicznej na podstawie swojej wiedzy (a bardzo często jej braku) o obciążeniu pracą danego stanowiska decyduje o tym, jaki technolog wyda opinię o niezgodności. Wówczas na kilkanaście osób tylko kilka jest obciążonych wystawianiem opinii. W obecnej sytuacji powoduje to wiele problemów w całej sekcji, co odbija się na jakości pracy, a przede wszystkim na wystawianych opiniach dotyczących wykonania naprawy na danym wyrobie lub jego zabrakowania. Należy więc tak usprawnić system lub wprowadzić automatyczne przydzielanie zadań, aby każde stanowisko technologiczne było równomiernie obciążone, a decyzje szybko podejmowane przez wyznaczonych technologów.

## Analiza

Głównym zadaniem sekcji technologicznej jest opracowywanie technologii, a także jej bieżąca weryfikacja i proces ciągłego doskonalenia. Opiniowanie wyrobów niezgodnych, zwłaszcza tych wymagających doświadczenia i doskonałej znajomości procesu technologicznego zajmuje dużo czasu. Dalsza produkcja jest więc hamowana, gdyż oczekiwanie na opinię technologa jest długie. Nie są wyznaczone konkretne osoby zajmujące się tylko sprawami niezgodności.

Tok postępowania z wyrobami niezgodnymi powinien być jak najszybszy, by produkcja nie była hamowana i mogła być realizowana płynnie. Żeby uniknąć takiej sytuacji, potrzebny jest system automatycznego przydzielania obowiązków związanych z wystawianiem opinii w zawiadomieniach. Dana niezgodność będzie



Rys. P23.2. Tok opiniowania wyrobu niezgodnego

Źródło: Opracowanie własne.

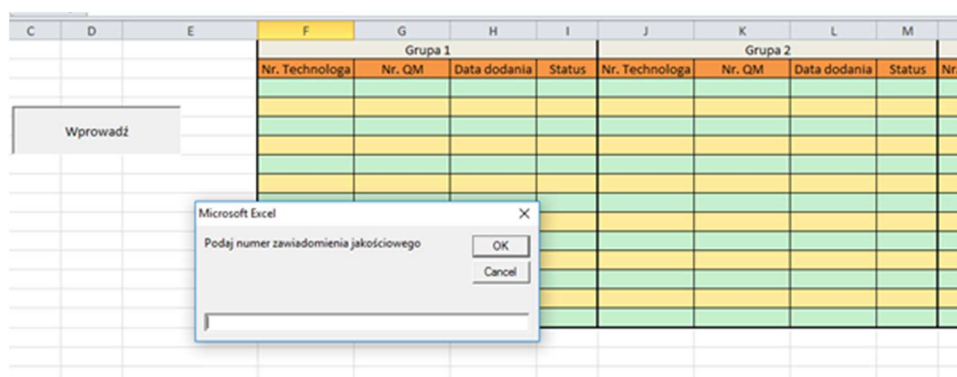
klasyfikowana według określonego schematu i wzorców. Pozwoli to na każdorazowe dopasowanie niezgodności do danej grupy technologów lub konkretnego pracownika i uniknięcie sytuacji, w której duża liczba zawiadomień jakościowych oczekuje na wystawienie opinii. Stanowiska technologiczne zostaną równomiernie obciążone, co dodatkowo usprawni funkcjonowanie całej sekcji. Rysunek P23.2 prezentuje tok opiniowania wyrobu niezgodnego w przedsiębiorstwie.

### Opis rozwiązania

Pierwszym etapem niezbędnym do uruchomienia systemu automatycznego przydzielania zadań jest podzielenie pracowników technologicznych na grupy zajmujące się niezgodnościami oraz dokonanie klasyfikacji występujących problemów, jak również przydzielenie im symboli. Obecnie w sekcji technologicznej pracuje dziesięć osób. Zostaną one podzielone ze względu na doświadczenie, umiejętności oraz posiadaną wiedzę związaną z danymi problemami. Osobą odpowiedzialną za pracę systemu i nadzór nad nim zostanie kierownik sekcji technologicznej. W sytuacjach spornych, niestandardowych to on będzie decydował o przydzieleniu zadania. Nowa metoda będzie narzędziem wspomagającym, a nie całkowicie bezobsługowym.

Wdrażany system może mieć postać arkusza kalkulacyjnego uwzględniającego wszystkie zadane zmienne oraz posiadającego opcje wprowadzania danych i przypisywania ich do danych komórek.

W zaprojektowanym arkuszu zostały stworzone tabele z odpowiednimi grupami technologów, które zostały wcześniej ustalone. Każda z grup posiada kolumny określające numer technologa obecnie opiniującego, numer wprowadzonego zawiadomienia oraz datę dodania i obecny status. Rysunki P23.3-P23.5 przedstawiają, jak system wygląda w praktyce.



Rys. P23.3. Działanie przycisku „Wprowadź”

Źródło: Opracowanie własne.

Po naciśnięciu przycisku „Wprowadź” uruchamiane jest makro, które wywołuje okno wprowadzania numeru zawiadomienia jakościowego. Podany numer musi mieć specjalny format, wcześniej określony jako symbol zawiadomienia. W analizowanym przypadku wprowadzana wartość musi mieć rangę równą QM 1X 2XXXX (1).

Grupa 1				Grupa 2			
Nr. Technologa	Nr. QM	Data dodania	Status	Nr. Technologa	Nr. QM	Data dodania	Status
157	QM1721111(1)	16.05.2019	OCZEKUJE				

Rys. P23.4. Zadanie wprowadzone do tabeli

Źródło: Opracowanie własne.

Grupa 1				Grupa 2			
Nr. Technologa	Nr. QM	Data dodania	Status	Nr. Technologa	Nr. QM	Data dodania	Status
157	QM1721111(1)	16.05.2019	OCZEKUJE				
159	QM1722222(1)	16.05.2019	OCZEKUJE				

Rys. P23.5. Kolejka zadań dodanych do tabeli

Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku P23.5 widać poprawne działanie systemu. Gdy technolog nr 157 ma dodane zadanie, następane zostaje przydzielone kolejnej osobie z najmniejszym obciążeniem oraz do zgodnej grupy z symbolem niezgodności. W analizowanym przypadku wystawienie drugiej opinii zostało przydzielone do technologa nr 159. Po zakończeniu opiniowania technolog wprowadza status „Zakończone”, a osoba odpowiedzialna za system po określonym czasie usuwa z listy zawiadomienia, które mają wystawioną opinię.

## P24. Wpływ systemu klasy ERP na płynny przepływ informacji między poszczególnymi działami (Joanna Baj)

### Opis sytuacji

Analizowana firma znajduje się w czołówce operatorów logistycznych w Europie. Specjalizuje się w transporcie towarów między Polską a państwami skandynawskimi oraz Europą Zachodnią. Rozwój przedsiębiorstwa oraz rosnąca konkurencja zdecydowały o przeglądzie pracy i zarządzania. Najważniejszą rolę w całej organizacji odgrywa Dział Spedycji. Podczas obserwacji procesów tam realizowanych wykryto wiele nieprawidłowości i problemów utrudniających sprawne funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Szczególną uwagę zwrócono na:

- brak spójnej bazy danych (dane były umieszczane i przechowywane w plikach programu MS Excel, co utrudniało ich późniejsze wyszukiwanie i analizę),
- czasochłonne wyszukiwanie archiwalnych informacji,
- brak płynnego przepływu informacji między poszczególnymi działami,
- brak wydajności stosowanego systemu,
- problem z raportowaniem i analizą danych (brak przejrzystego systemu raportowania).

### Analiza

Po zidentyfikowaniu problemów zdecydowano się na wdrożenie zintegrowanego systemu klasy ERP do zarządzania przedsiębiorstwem celem uporządkowania i usystematyzowania posiadanych informacji oraz skutecznego zarządzania ich obiegiem. Najważniejszym elementem było stworzenie scentralizowanej bazy danych w formie jednej tabeli, dzięki której można prowadzić rejestr wszystkich zleceń transportowych, z podziałem na kraje czy klientów, z możliwością szybkiego i sprawnego wyszukania. Umożliwiła ona płynny przepływ informacji i dokumentów pomiędzy poszczególnymi działami organizacji. Cele szczegółowe, jakie dodatkowo planowano osiągnąć, to:

- przyspieszenie komunikacji między działami firmy,
- tworzenie przejrzystych raportów,
- poprawa jakości obsługi,
- zbieranie informacji o kontrahentach,
- skrócenie czasu realizacji zamówień,
- ułatwienie wprowadzania zleceń do bazy danych.

Zintegrowany system informatyczny to system, który wspiera funkcjonowanie przedsiębiorstwa, podejmowanie decyzji i zarządzanie firmą z wykorzystaniem komputerów. Dostęp do funkcji systemu jest możliwy z każdego stanowiska, a dane aktualizują się w czasie rzeczywistym, co wpływa na płynny przepływ informacji między poszczególnymi działami. Główną częścią systemu jest baza danych, do której informacje są wprowadzane przez użytkowników jednorazowo. Następnie są one przetwarzane i uaktualniane dla wszystkich osób korzystających



z systemu. Dzięki temu przepływ wiadomości w firmie jest bardzo sprawny. Na rysunku P24.1 przedstawiono schemat obiegu danych i informacji w systemach typu ERP.



Rys. P24.1. Przepływ danych i informacji w systemach ERP

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Auksztol i in., 2011).

### Opis rozwiązania

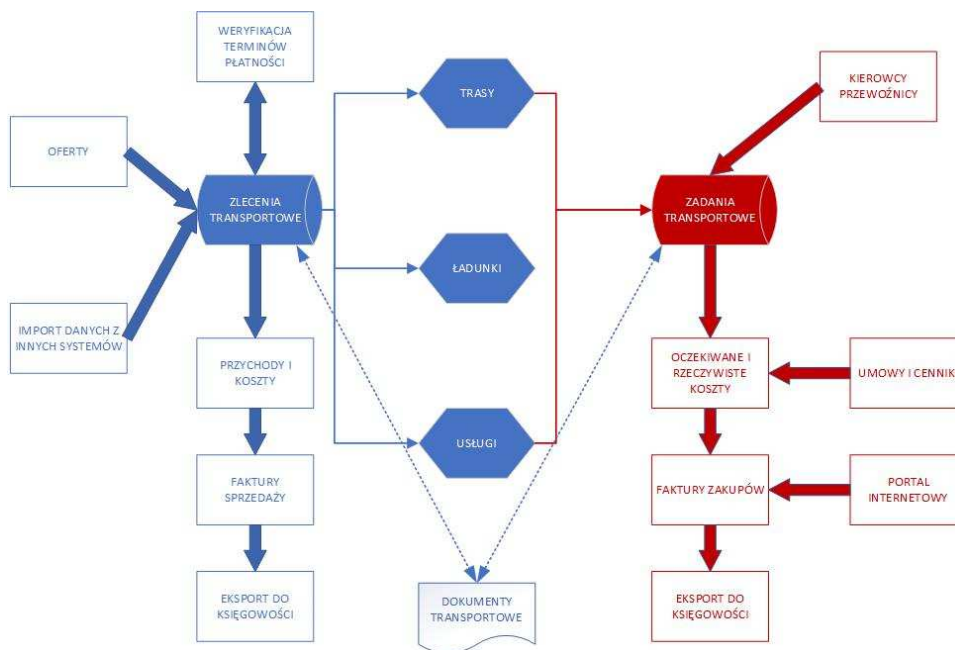
Wdrożony zintegrowany system informatyczny został podzielony na dwa moduły. Pierwszy z nich to zlecenia transportowe, które przedsiębiorstwo dostaje od swoich klientów. Informacje ze zleceń wprowadza się do systemu. Następnie możliwe jest tworzenie raportów przychodów i kosztów oraz generowanie faktur. Dodatkowo można wczytać zlecenia transportowe z innych systemów czy plików.

Następnie zlecenia transportowe są przyporządkowywane do drugiego modułu, jakim są zadania transportowe, realizowane przez przewoźników i ich kierowców. W tym module wprowadza się trasy pokonywane przez kierowców i na tej podstawie jest możliwe wygenerowanie różnego rodzaju raportów podsumowujących ich pracę (Galińska i in., 2016). Schemat procesów w systemie ERP zaimplementowanym w analizowanej firmie przedstawiono na rys. P24.2.

Po wprowadzeniu systemu klasy ERP w Dziale Spedycji analizowanego przedsiębiorstwa zauważono wiele pozytywnych zmian. Wdrożenie zintegrowanego systemu usprawniło funkcjonowanie całej firmy. System ten stał się efektywnym narzędziem przetwarzania i gromadzenia informacji. Wspólna baza danych, gromadząca rzetelne informacje, usprawniła proces zarządzania, zmniejszyła także czas pracy. Pozwoliła na prezentację danych oraz dała dostęp do aktualnych danych w czasie rzeczywistym. Przedsiębiorstwo uzyskało:

- lepszą jakość danych,
- lepszy przepływ informacji pomiędzy działami,

- możliwość szybszego raportowania,
- łatwość i szybkość odnalezienia potrzebnej informacji.



Rys. P24.2. Schemat działania systemu ERP w analizowanym przedsiębiorstwie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Golec, 2015).

## Bibliografia

- [1] Auksztol J., Balwierz P., Chomuszko M. (2011), SAP – zrozumieć system ERP. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [2] Galińska B., Kopania J. (2016), Zastosowanie systemu ERP w przedsiębiorstwie logistycznym. Politechnika Łódzka, Łódź.
- [3] Golec M. (2015), Wdrożenie systemu ERP w przedsiębiorstwie logistycznym. Politechnika Łódzka, Łódź.

## P25. Zastosowanie systemu EVOP w przedsiębiorstwie produkcyjnym (Bartłomiej Wójcik)

### Opis problemu

Ewolucyjne planowanie (ang. *Evolutionary Operation* – EVOP) to technika optymalizacji procesu produkcyjnego opracowana w latach pięćdziesiątych XX w. przez George’a E.P. Boxa. W EVOP są wprowadzane eksperymentalne projekty i ulepszenia, podczas gdy ciągły proces produkcji daje zadowalające wyniki. Ważne jest, aby usprawnienie procesu nie przerywało produkcji. EVOP opiera się

na zrozumieniu, że każda partia produkcyjna może dostarczać cennych informacji na temat wpływu zmiennych procesowych na określoną charakterystykę lub cechę produktu. Zmiany te nie są wystarczająco duże, aby spowodować niezgodność produktu, ale są wystarczająco istotne, aby określić zakres procesu.

Planowanie ewolucyjne to najlepszy proces projektowania eksperymentów (ang. *Design of Experiments* – DOE) dla operacji związanych z produkcją. Proces ten umożliwia ciągle doskonalenie i pociąga za sobą niewielkie zmiany parametrów.

Zastosowanie EVOP jest szczególnie opłacalne, gdy:

- system ma więcej warunków wydajności produktu,
- proces ma od 2 do 3 zmiennych procesowych,
- wydajność procesu zmienia się w czasie,
- chce się zminimalizować obliczenia procesowe.

W normalnym środowisku produkcyjnym zakład działa zgodnie z określonymi warunkami operacyjnymi. W rzeczywistości zakład produkcyjny zawsze chce, aby operatorzy wykonywali operację w określonych warunkach (normach), co nazywa się statyczną metodą działania.

Statyczna metoda pracy poprawia produktywność, ale oprócz produktywności równie ważne jest monitorowanie właściwości fizycznych produktów. Te właściwości fizyczne mogą odbiegać od granic specyfikacji, jeśli dozwolone są przypadkowe odchylenia od standardowej pracy.

Cykl wariantów przebiega według prostego schematu: ciągle powtarzanie procesu pozwala na uzyskanie dowodów dotyczących wydajności i właściwości fizycznych produktu.

Ze względu na bardzo małą przyrostową zmianę parametrów procesu operacja ewolucyjna nie wymaga żadnych specjalnych koncesji ani zasobów. W ten sposób regularny proces produkcyjny generuje nie tylko produkt, ale także informacje potrzebne do dalszego doskonalenia (Box, 1957).

Ewolucyjne etapy procesu operacyjnego są następujące:

1. Zdefiniowanie cechy wydajności procesu wymagającej poprawy.
2. Zidentyfikowanie zmiennych procesowych, których niewielkie zmiany doprowadzą do usprawnienia procesu.
3. Zaplanowanie kroków zmian przyrostowych.
4. Dla każdej zmiennej – oznaczenie początkowego zestawu wartości.
5. Wykonanie jednego cyklu w bieżących warunkach, a także dwóch cykli z małymi przyrostowymi zmianami jednej lub obu zmiennych procesowych.
6. Zapisanie wyników i określenie najmniej korzystnego wyniku, aby wyciągnąć wnioski.
7. Rozpoczęcie procesu z nowymi warunkami roboczymi i dążenie do jeszcze lepszych wyników.



## Opis rozwiązania

Podczas fazy poprawy DMAIC (ang. *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* – definiowanie, pomiar, analiza, doskonalenie, kontrolowanie) metodologia ewolucyjna operacji usprawnia proces przez stałe zmiany warunków pracy danego zestawu czynników.

W analizowanym przykładzie jednostka produkcyjna produkująca czekoladę zidentyfikowała odrzucenie blisko 21,4% swojej partii produkcyjnej. Prowadzi to do większej liczby wytworzonych produktów, wpływając na harmonogramy dostaw, a także poziom zadowolenia klientów. Pracodawca zdał sobie sprawę, że proces ulegnie poprawie, jeśli dwa ważne parametry ulegną zmianie: ciśnienie powietrza maszyny oraz prędkość taśmy. W związku z tym należy zidentyfikować:

- charakterystykę wydajności procesu – na przykład „wielkość odrzutu” i współczynnik odrzucenia (obecnie wynosi 21,4%),
- zmienne procesu, których niewielkie zmiany doprowadzą do usprawnienia produkcji – ciśnienie powietrza w maszynie i prędkość taśmy,
- początkowe ciśnienie powietrza (wynosi 8 bar) i prędkość taśmy (40 obr./min),
- kroki zmian przyrostowych dla każdej zidentyfikowanej zmiennej procesowej (wzrost o 0,5 bara, a także o 5 obr./min),
- początkowe parametry (8 barów i 40 obr./min), parametry przyjęte do testów (8,5 bara, 40 obr./min i 8,25 bara, 45 obr./min) i obliczyć procent braków.

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu uzyskano rezultaty przedstawione w tab. P25.1.

Tabela P25.1. Parametry zmienne 1

Lp.	Ciśnienie powietrza [bar]	Szybkość podajnika [obr./min]	Braki [%]
1	8	40	21,4
2	8,5	40	20,2
3	8,25	45	20,4

Źródło: Opracowanie własne.

Z tabeli P25.1 jasno wynika, że próba pierwsza jest najmniej korzystna, ponieważ posiada najwyższy współczynnik odrzucenia. Wyniki kolejnych testów pokazano w tab. P25.2.

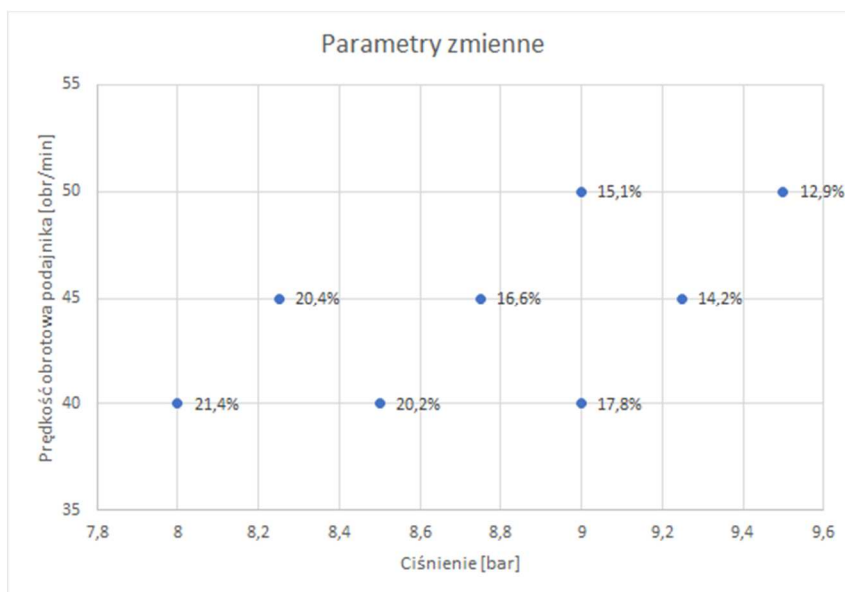
Tabela P25.2. Parametry zmienne 2

Lp.	Ciśnienie powietrza [bar]	Prędkość obrotowa podajnika [obr./min]	Braki [%]
4	8,75	45	16,6
5	9	40	17,8
6	9,25	45	14,2
7	9	50	15,1
8	9,5	50	12,9

Źródło: Opracowanie własne.

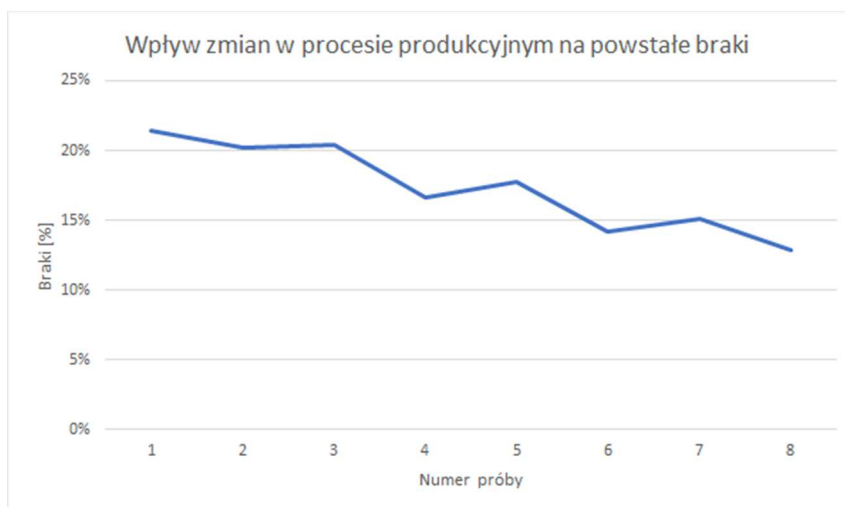


Z tabeli P25.2, rys. P25.1 oraz P25.2 można odczytać, że zwiększanie ciśnienia powietrza oraz prędkości podajnika prowadzi do redukcji produktów niezgodnych. Prawdopodobnie dalsze zmiany parametrów mogą jeszcze bardziej udoskonalić proces produkcyjny. Procedurę powtarza się do czasu ustalenia optymalnego doboru parametrów (Negi i in., 2020).



Rys. P25.1. Wpływ zmian parametrów na powstałe braki

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. P25.2. Wpływ zmian w procesie produkcyjnym na powstałe braki

Źródło: Opracowanie własne.

*Evolutionary Operation Method (EVOP)* jest metodą polegającą na poprawie wydajności i energochłonności procesu technologicznego. Zmiana tych parametrów znacznie poprawia właściwości produktu. Wprowadzenie ewolucyjnej metody działania optymalizuje procesy przemysłowe. Biorąc pod uwagę przewidywany kryzys energetyczny, metoda EVOP jest alternatywą mogącą przyczynić się do znacznego zmniejszenia ilości energii zużywanej na procesy technologiczne. Technika ta wymaga procedur eksperymentalnych i ulepszeń procesu, aby zapewnić zadowalające wyniki i zmniejszyć ilość energii wymaganej do rozwoju procesu. EVOP pozwala skupić się na systematycznym eksperymentowaniu z kilkoma parametrami w celu adaptacyjnej optymalizacji procesów technologicznych. Procedura eksperymentalna jest stosunkowo prosta i wydajna. Dodatkowo metoda ta polega na dokładności, szybkości i ciągłym doskonaleniu procesu oraz może z łatwością spełniać wymagania środowiskowe dotyczące ochrony zasobów i zmniejszania zużycia energii w celu osiągnięcia wysokiej wydajności (Boeriu i Canja, 2020). Więcej informacji o systemie EVOP można znaleźć w pracy (Box, 1957).

## Bibliografia

- [1] Boeriu A.E., Canja C.M. (2020), A New Methodology for Improving the Quality of Cranberry Bread. Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering, 13(62), 2. Dostępne na: <https://doi.org/10.31926/but.fwi.2020.13.62.2.9> (dostęp: 21.02.2021).
- [2] Box G.E. (1957), Evolutionary operation: A method for increasing industrial productivity. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 6(2), 81-101.
- [3] Negi S., Jain S., Raj A. (2020), Combined ANN/EVOP Factorial Design Approach for Media Screening for Cost-effective Production of Alkaline Proteases from *Rhizopus oryzae* (SN5)/NCIM-1447 under SSF. AMB Express, 10, 1-9.

## **P26. Doskonalenie zarządzania procesami produkcji przez wdrożenie systemu klasy MES w przedsiębiorstwie produkcyjnym (Tomasz Kobylarz)**

### Opis sytuacji

W analizowanej firmie zajmującej się produkcją narzędzi do pielęgnacji zieleni wytwarzanych jest 36 produktów. Wszystkie wytwarzane maszyny są podzielone na trzy grupy (A, B, C) w zależności od czasu montażowego, czyli zaangażowania pracowników produkcyjnych w wytworzenie gotowego produktu. Produkcja odbywa się według określonej z góry kolejności – AABAABAAC, która jest przewidziana w planach produkcyjnych. Produkcja odbywa się sezonowo. Sezon rozpoczyna się w listopadzie, a kończy w lipcu. Czas taktu w „wysokim” sezonie wynosi 120 s. Na linii znajduje się 26 stanowisk produkcyjnych, na których pracuje jeden operator bądź dwóch oraz jest zaangażowanych 14 operatorów przedmontażowych. Ze względu na dużą sezonowość produkcji występuje bardzo duża rotacja zatrudnienia. Z tego powodu niezmiernie istotnym elementem są szcze-



głowe instrukcje stanowiskowe, które pozwalają na zminimalizowanie czasu szkolenia pracowników, a także na poprawę jakości wytwarzanych produktów.

Montaż maszyny rozpoczyna się na pierwszym stanowisku. Operator na tej stacji ma za zadanie umieścić ramę zawierającą kod kreskowy produktu oraz nr seryjny identyfikujący konkretny egzemplarz. W zależności od produkowanego modelu umieszcza na uchwytych odpowiedni pakiet (lewa i prawa strona) instrukcji montażowych. Są to zalaminowane kartki formatu A4 dla każdego stanowiska, ułożone w kolejności montażu według procesu technologicznego. Wszystkie instrukcje są spięte kółkami stalowymi, aby ułatwić przewracanie stron instrukcji.

Na każdym stanowisku może pracować jeden operator lub dwóch. Po wykonaniu wszystkich czynności przewidzianych dla danego stanowiska operator przewraca kartkę instrukcji tak, aby po dojechaniu wieszaka z ramą na następne stanowisko była zaprezentowana odpowiednia instrukcja dla operacji tego stanowiska. Jeśli podczas wykonywania operacji montażowych operator zauważy niezgodność na maszynie, ma obowiązek wciśnięcia przycisku „andon”, który powiadomi przez sygnał świetlny i dźwiękowy znajdującego się na obszarze *team leadera*. Po oględzinach niezgodności *team leader* obszaru decyduje, czy produkt wymaga naprawy. Jeśli niezgodność jest na tyle poważna, że nie ma możliwości jej naprawy na linii, wypisywana jest czerwona kartka i kosiarka jest transportowana na stanowisko napraw poza linią produkcyjną.

Na linii znajdują się 3 stanowiska kontrolne, na których pracuje 4 kontrolerów. Nie wykonuje się na nich żadnych czynności montażowych, tylko sprawdza poprawne zamontowanie określonych (wcześniej wybranych i umieszczonych w instrukcji) elementów. Jeżeli kontrola na wymienionych stanowiskach jest negatywna, a usterki nie da się usunąć w wyznaczonym czasie cyklu, to dany produkt oznaczany jest „czerwoną kartką”. Jest ona informacją dla pracowników o wykrytym problemie. Wszystkie zgłoszone przez bramkę jakościową bądź operatorów błędy są zapisywane na formularzu „Lista nieprawidłowości”. Uzupełniane są takie pola, jak: godzina, model, numer seryjny, numer produktu, podpis osoby, która wykryła nieprawidłowość.

Ogromnym problemem działu technicznego jest zarządzanie instrukcjami montażowymi z powodu ich dużej liczby. Na linii produkcyjnej znajdują się 1904 instrukcje, a każda z nich zawiera minimum 38 stron. Szczegółowe dane na temat liczby stron instrukcji wraz z podziałem na grupy modelowe przedstawiono w tab. P26.1.

Tabela P26.1. Liczba instrukcji montażowych

Grupa modelu	Liczba maszyn	Wymagana liczba instrukcji	Liczba kompletów	Liczba stron w instrukcji	Suma instrukcji	Suma stron
<b>A</b>	25	32	2	38	1 600	60 800
<b>B</b>	8	16	2	40	256	10 240
<b>C</b>	3	8	2	47	48	2 256
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>56</b>			<b>1 904</b>	<b>73 296</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Modyfikacje wynikające ze zmian technologicznych i częste zmiany czasu taktu generują dodatkowy nakład pracy związany z wytworzeniem nowych, zmienionych stron instrukcji oraz ułożeniem ich w odpowiedniej kolejności zgodnej z procesem produkcyjnym. W sytuacjach wymagających bardzo szybkiej zmiany, np. z powodu problemów jakościowych, ze względu na pracochłonność zabezpieczenia instrukcji folią laminacyjną i konieczność podmiany stron instrukcji wystawiana jest tzw. „lekcja tymczasowa”. Nie jest ona umieszczana w instrukcji, lecz jako dodatkowa strona formatu A4 jest zawieszana na stanowisku pracy. Operator przyzwyczajony do stosowania się do instrukcji montażowych może pominąć wywieszoną na stanowisku informację, co również może wpłynąć na poziom jakości produkowanych maszyn. Liczbę zmian technologicznych przedstawiono w tab. P26.2.

Tabela P26.2. Liczba stron instrukcji montażowych wraz ze zmianami technologicznymi

Grupa modelu	Suma instrukcji	Liczba stron w instrukcji	Zmiany ECO	Zmiany balansowe	Suma stron
<b>A</b>	1 600	38	24	15	123 200
<b>B</b>	256	40	20	12	18 432
<b>C</b>	48	47	5	5	2 736
<b>TOTAL</b>	<b>1 904</b>				<b>144 368</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Z powodu bardzo dużej eksploatacji wszystkie instrukcje co sezon wymagają wymiany, a to generuje duży koszt ponownego wydruku, zabezpieczenia, segregacji i spięcia. Czas laminowania jednej strony to 62 s, a roczny koszt serwisu/obsługi drukarki wynosi 3600 zł. Tabela P26.3 prezentuje koszty poniesione przy stosowaniu instrukcji w wersji papierowej. W analizie nie uwzględniono czasu wydruku, segregacji, spięcia i wymiany instrukcji. Tabela P26.4 przedstawia roczne koszty tworzenia i zmiany instrukcji montażowych dla jednej linii produkcyjnej.

Tabela P26.3. Koszty jednostkowe wytworzenia instrukcji montażowych

Rodzaj kosztu	Kwota
Koszt folii laminacyjnej	0,1900 zł
Koszt papieru	0,0177 zł
Koszt wydruku	0,2200 zł
Koszt pracownika (15 zł za h)	0,2583 zł
Roczny koszt obsługi drukarki	3 600,00 zł

Źródło: Opracowanie własne.



Tabela P26.4. Koszty wytworzenia instrukcji montażowych

Grupa modelu	Suma stron	Koszt folii laminacyjnej	Koszt papieru	Koszt wydruku	Koszt pracy	Suma kosztów
A	184 000	34 960,00 zł	3 253,12 zł	40 480,00 zł	47 527,20 zł	126 220,32 zł
B	28 672	5 447,68 zł	506,92 zł	6 307,84 zł	7 405,98 zł	19 668,42 zł
C	4 992	948,48 zł	88,26 zł	1 098,24 zł	1 289,43 zł	3 424,41 zł
<b>Roczny koszt obsługi drukarki</b>						3 600,00 zł
<b>RAZEM</b>		22 882,08 zł	2 129,24 zł	26 495,04 zł	31 107,59 zł	<b>152 913,15 zł</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Bardzo czasochłonną operacją jest również wymiana instrukcji montażowych na pierwszym stanowisku. Wymaga to szukania określonego modelu i strony (prawej lub lewej). Na każdym stanowisku konieczne jest przekreślenie instrukcji jeden lub dwa razy w zależności od liczby stron, co także generuje stratę.

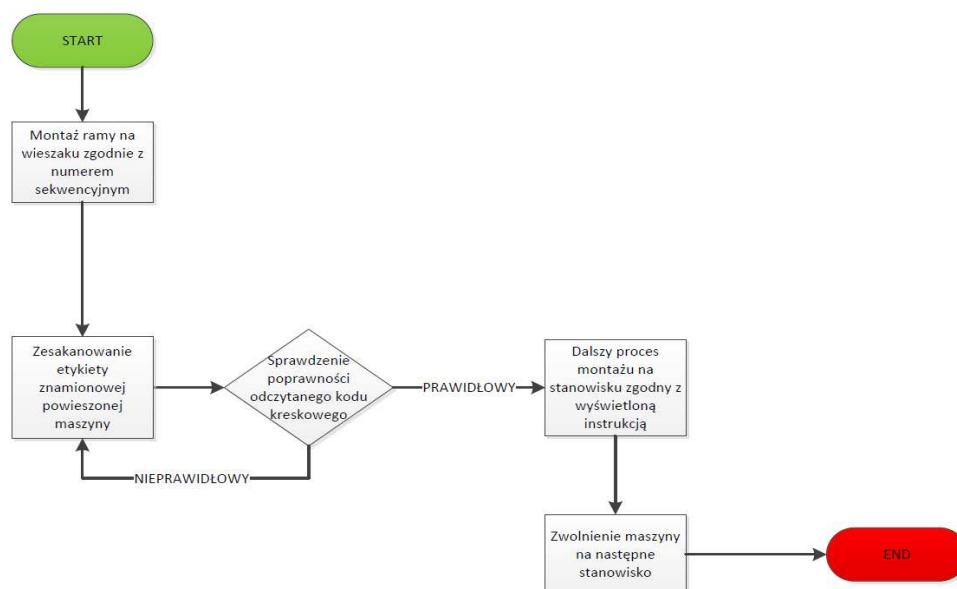
Uzupełnianie i monitorowanie wskaźników wydajności produkcji (ang. *Key Proces Indicators* – KPI) odbywa się przy zastosowaniu Excela – po każdym dniu produkcyjnym zapisywane są niezbędne dane. Mistrz obszaru na podstawie wyników produkcyjnego i listy błędów oblicza wskaźniki KPI, a także co tydzień analizuje dziesięć najczęściej pojawiających się błędów montażowych podczas spotkań jakościowych. Na każdym etapie procesu konieczne jest przepisywanie z etykiety znamionowej bądź listy błędów dziewięciocyfrowego numeru produktu i dwunastocyfrowego numeru seryjnego, co bardzo często generuje tzw. „czeskie błędy”. Następnym polem generującym problemy jest opis błędu, który przez każdego z kontrolerów jest interpretowany inaczej. W znacznym stopniu utrudnia to analizę danych. Brakuje również kontroli nad tym, czy wszystkie wykryte błędy zostały wprowadzone do dokumentu oraz czy wszystkie maszyny wymagające poprawy zostały naprawione, ponieważ jedynym oznaczeniem uszkodzonej maszyny jest „czerwona kartka” na maszynie, o której umieszczeniu operator pracujący na kontroli jakości może zapomnieć. Pomiar czasu napraw jest bardzo niedokładny, ponieważ jest to subiektywna ocena osoby dokonującej naprawy.

## Analiza

Zdecydowana większość systemów klasy ERP posiada moduły produkcyjne, które nie mają typowych cech oprogramowania potrzebnego na produkcji. Częstość przetwarzania danych w systemach ERP jest stosunkowo niska, a dane są wprowadzane do systemu w sposób ręczny, co jest nieoptymalne i niedostatecznie wiarygodne dla produkcji. Systemy zarządzania produkcją MES (ang. *Manufacturing Execution Systems*) pozwalają usprawnić procesy produkcyjne w przedsiębiorstwie. Wypełniają one lukę informacyjną pomiędzy systemami klasy ERP a systemami typu SCADA, opierając się na przetwarzaniu danych z procesu produkcyjnego. W celu usprawnienia produkcji i eliminacji zbędnego przetwarzania została podjęta decyzja o sprawdzeniu możliwości wprowadzenia systemu komputerowego klasy MES. Powołany został zespół projektowy, który zajął się analizą

ofert od trzech dostawców. Po przeanalizowaniu ofert i spotkaniach z przedstawicielami firm podjęto decyzję o stworzeniu własnego dedykowanego systemu. W sytuacji gdy zostałoby wdrożone istniejące już rozwiązanie, system nie spełniłby wszystkich wymagań przedsiębiorstwa.

Koncepcja rozwiązania opiera się na odejściu od papierowych instrukcji i zastąpieniu ich zwizualizowanymi na ekranach komputerów instrukcjami elektronicznymi. Na każdym z wieszaków konieczne będzie zamontowanie dwóch komputerów panelowych z możliwością pracy w rękawiczkach ochronnych. Na pierwszym stanowisku będzie skanowany kod kreskowy wieszanej ramy. Na powieszonym przy stanowisku komputerze, do którego zostanie podłączony bezprzewodowy czytnik kodów kreskowych, będą wyświetlane informacje o prawidłowym bądź nieprawidłowym odczycie informacji. Błędne zeskanowanie maszyny będzie sygnalizował komunikat dźwiękowy i wizualny na ekranie komputera. Rysunek P26.1 prezentuje operacje wykonywane na pierwszym stanowisku po wprowadzeniu systemu MES.

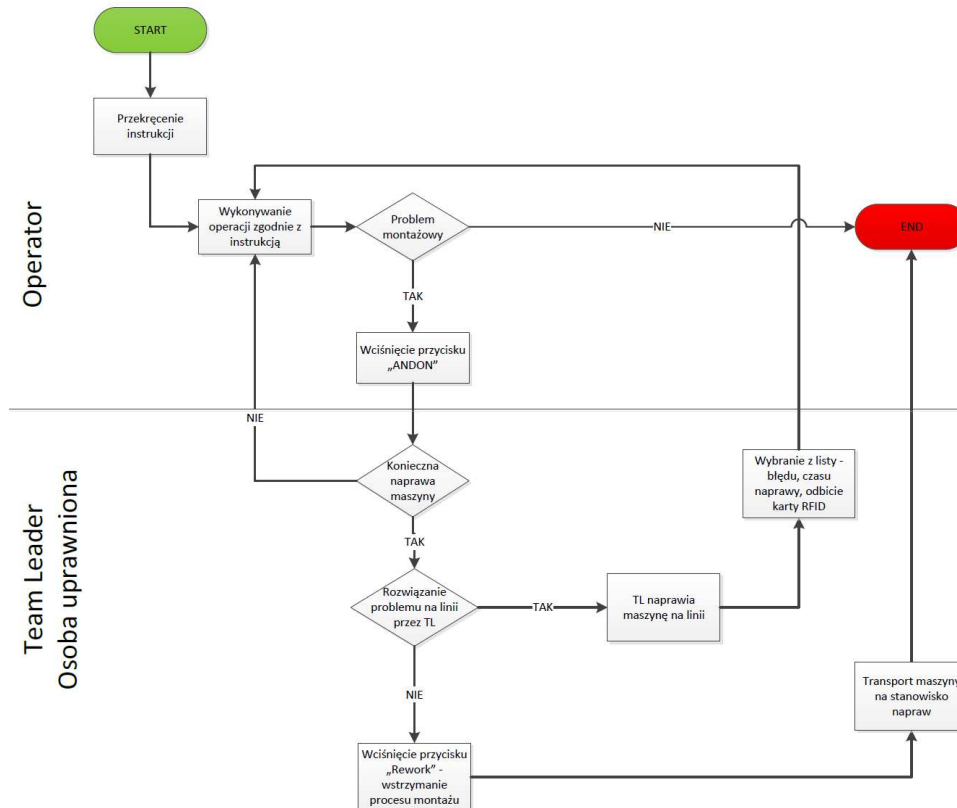


Rys. P26.1. Operacje wykonywane na pierwszym stanowisku po wprowadzeniu systemu

Źródło: Opracowanie własne.

W momencie zapisu do bazy danych informacji o produkowanym na danym wieszaku modelu zostaną wczytane instrukcje stanowiskowe na dwóch komputerach (po lewej i prawej stronie). Na każdym stanowisku na linii produkcyjnej operatorzy będą wykonywać operację zgodnie z wyświetlonymi na monitorach instrukcjami. Podczas pojawienia się niezgodności na wytwarzanej maszynie pracownik będzie miał obowiązek wciśnięcia przycisku „andon”, który powiadomi o problemie sygnałem świetlnym i dźwiękowym znajdującego się na obszarze

lidera (ang. *team leader*). Po oględzinach maszyny *team leader* obszaru zadecyduje, czy dany produkt wymaga naprawy. Jeśli niezgodność będzie na tyle poważna, że nie ma możliwości jej naprawy na linii, *team leader* przyłoży kartę pracowniczą do czytnika RFID, po czym wciśnie przycisk „wstrzymanie procesu montażu”. Z listy błędów wybierze nieprawidłowość, która wystąpiła na maszynie. Produkt wadliwy zostanie przetransportowany na stanowisko napraw poza linią produkcyjną. Jeśli problem będzie można rozwiązać na linii, *team leader* wykona naprawę, po czym na stanowisku napraw na linii wybierze z listy niezgodności błąd, który pojawił się na maszynie. Rozpoczęcie i zakończenie naprawy potwierdzi „odbiciem” karty pracowniczej. Rysunek P26.2 przedstawia operacje wykonywane na stanowiskach montażowych podczas wykrycia niezgodności na produkcji.



Rys. P26.2. Operacje wykonywane na stanowiskach montażowych po wprowadzeniu systemu

Źródło: Opracowanie własne.

Na stanowiskach kontroli jakości operatorzy będą sprawdzać określone punkty, które zostaną wyświetlone na monitorach. Jeżeli kontroler wykryje nieprawidłowość, to z listy błędów wybierze usterkę, po czym umieści automatycznie



wydrukowaną czerwoną kartkę na uszkodzonym produkcie. Przez „andon” zawiadomi *team leadera* o wykrytej nieprawidłowości.

Wszystkie błędy znalezione na stanowiskach kontrolnych, ogłoszenia na linii będą wyświetlane na komputerach przy stanowiskach napraw (na linii i poza nią w zależności od stanowiska zgłaszającego i rodzaju błędu). Osoba dokonująca naprawy wybierze maszynę z defektem, po czym przyłoży kartę pracowniczą do czytnika RFID w celu identyfikacji i sprawdzenia uprawnień do wykonywania napraw. Po zakończeniu naprawy pracownik ponownie odbije swoją kartę celem zakończenia całego procesu i dopuszczenia produktu do wysyłki.

### Opis rozwiązania

Dzięki temu, że informacje w systemie będą zbierane w czasie rzeczywistym, będzie można w łatwy sposób podejmować właściwe decyzje, co przyczyni się do eliminowania problemów zaraz po ich powstaniu. Oprogramowanie będzie zapewniało natychmiastowy dostęp do kluczowych informacji produkcyjnych przez przejrzysty, intuicyjny i łatwy w obsłudze interfejs. System będzie posiadał zestaw gotowych do użycia analiz, wykresów, które będą mogły być dalej rozwijane i modyfikowane.

Wszystko przebiegło pomyślnie, jednak samo wdrożenie systemu oczywiście nie wystarczy, aby można było mówić o poprawie jakości. Najlepsze efekty z wdrożenia takich systemów osiąga się wówczas, gdy w parze z wdrożeniem idą działania korygujące procesy na podstawie danych dostarczonych przez system.

Każda nowoczesna firma wspiera się co najmniej kilkoma zaawansowanymi systemami informatycznymi najlepiej zintegrowanymi ze sobą. Nie inaczej jest w przedsiębiorstwach produkcyjnych, dla których osiągnięcie optymalnej wydajności wytwórczej jest kluczem do sukcesu.

Zakłady produkcyjne, które chcą wykorzystać pełny potencjał dostępnych na rynku systemów informatycznych wspierających produkcję, decydują się na rozwiązania dedykowane, ponieważ tylko takie systemy pozwalają na zaspokojenie potrzeb wszystkich użytkowników systemu. Wdrożenie systemu klasy MES pozwala na uzyskanie najszybszego zwrotu inwestycji spośród wszystkich narzędzi informatycznych stosowanych w przedsiębiorstwach produkcyjnych, wpływając bezpośrednio na jakość, wzrost produktywności, przy jednoczesnej redukcji kosztów. Sama eliminacja papierowej dokumentacji zwróci się za dwa lata, a ponadto wprowadzony w firmie system umożliwia m.in.:

- bieżącą rejestrację przebiegu procesu produkcji,
- automatyczne wyznaczanie kluczowych wskaźników wydajności produkcji KPI,
- kontrolę jakości produkcji realizowaną zarówno bezpośrednio w procesie, jak i w laboratoriach kontrolnych,
- bieżące wiarygodne raportowanie przebiegu procesu produkcyjnego wraz z informacjami dotyczącymi kontroli jakości.



W rezultacie główną zaletą systemu jest szczegółowa wiedza na temat tego, co dzieje się na każdym etapie produkcji, w każdej chwili, w każdym miejscu w czasie rzeczywistym. Wiedza ta jest niezbędna, aby zapewnić wyeliminowanie strat i zwiększać efektywność w sposób ciągły. Nie mniej ważną zaletą systemu realizacji produkcji wdrożonego w przedsiębiorstwie jest fakt, że ułatwia on pracę pracownikom przez dostarczenie precyzyjnych instrukcji na stanowisku pracy. System prowadzi operatorów przez zadania, które mają wykonać. Ma to duże znaczenie zwłaszcza w przypadku bardzo zróżnicowanej produkcji i dużej rotacji zatrudnienia. System daje pewność, że pracownicy wykonują swoją pracę zgodnie z oczekiwaniami. Inne zalety wdrożenia systemu w zakresie poprawy efektywności produkcji to:

- redukcja kosztów tworzenia instrukcji montażowych,
- zmniejszenie czasu przygotowania instrukcji montażowych,
- redukcja czasu i kosztów wdrażania nowych projektów,
- wzrost efektywności wykorzystania zasobów produkcyjnych,
- skrócenie czasu od zdarzenia do reakcji (szybki dostęp do kompleksowych danych),
- ograniczenie czasu na rejestrację danych produkcyjnych.

Bardzo istotnym warunkiem sukcesu wdrożeń systemów klasy MES jest wsparcie od strony kadry zarządczej. Niezbędny jest sponsor projektu, któremu będzie zależeć na sukcesie projektu i który się w ten projekt zaangażuje. Podstawowymi przeszkodami w implementacji systemów MES w przedsiębiorstwach są: długi czas wdrożenia oraz wysokie koszty projektu, które często stanowią barierę niemożliwą do przekroczenia przez wiele przedsiębiorstw produkcyjnych. Ważne jest zatem, aby wdrożenie systemu podzielić na fazy, tak aby uniknąć projektu, który trwa latami, po czym okazuje się, że nie spełnia oczekiwań użytkowników i nie jest dostosowany do sytuacji występującej w przedsiębiorstwie.

Wprowadzanie do obszaru produkcji efektywnego narzędzia sprawującego nadzór budziło pewien opór pracowników. Była to dla wszystkich pewna jakościowa zmiana. Z perspektywy czasu jest jednak oceniana pozytywnie przez wszystkich pracowników. Uważają oni, że system uporządkował produkcję i pozytywnie wpłynął na atmosferę w pracy.

## **P27. Zastosowanie systemu klasy PLM w przedsiębiorstwie produkcyjnym (Robert Sitek)**

### **Opis sytuacji**

W analizowanym przedsiębiorstwie do wszelkich zmian konstrukcyjnych czy technologicznych wykorzystywany jest proces „Engineering Change/Zmiana inżynierska”. Jego celem jest zamiana nieaktualnej już dokumentacji technicznej na dokumentację w najwyższej wersji, która powinna być wykorzystywana na produkcji przez pracowników. Pracownicy produkcyjni do odczytu dokumentacji technicznej wykorzystują tak zwane „Kioski produkcyjne”. Są to takie stano-

wiska, na których z systemu klasy IFS (ang. *Industrial and Financial Systems*) jest odczytywana dokumentacja konstrukcyjna 2D, dokumentacja technologiczna, czy też dokumentacja techniczna zawierająca w sobie całą strukturę danego wyrobu (ang. *Bill of Materials* – BOM). Jest to bardzo ważny etap, który występuje na produkcji, ponieważ pracownik produkcyjny w tym momencie nie powinien się zastanawiać nad tym, czy odczytał on dokumentację techniczną danego produktu w najwyższej wersji, czy też dokumentacja jest nieaktualna. Zadaniem takiego pracownika jest możliwie jak najszybszy odczyt dokumentacji i powrót do swojego stanowiska pracy. Jednak przed wprowadzeniem do całego przedsiębiorstwa platformy PLM (ang. *Product Lifecycle Management*) bardzo powszechnym problemem był odczyt nieaktualnej dokumentacji konstrukcyjnej 2D, która znajdowała się w systemie IFS. W analizowanej firmie produkcyjnej skala tego problemu sięgała 3% przypadków. W efekcie przy produkcji masowej dochodziło do znacznych uchybień mających wpływ na zyski firmy, ze względu na produkcję elementów danego komponentu na podstawie nieaktualnej dokumentacji.

Sam cykl życia procesu „Engineering Change/Zmiana inżynierskiej” przed wprowadzeniem systemu PLM wyglądał tak, jak przedstawiono na rys. P27.1.



Rys. P27.1. Schemat cyklu życia procesu „Engineering Change/Zmiana inżynierska”

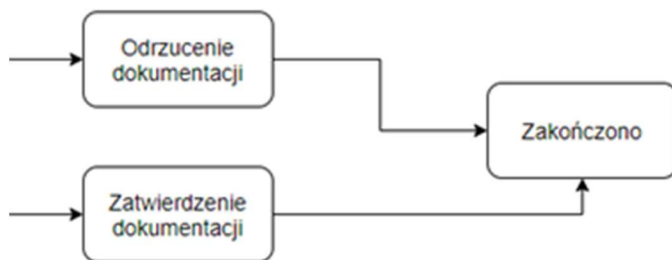
Źródło: Opracowanie własne.

Jedynym z etapów cyklu życia, który miał zły wpływ na omawianą sytuację, był tutaj moment ręcznego zapisu dokumentacji do systemu IFS. To właśnie w tym etapie dochodziło do takiej sytuacji, że konstruktor, czy też technolog dodawał błędną dokumentację techniczną.

## Analiza

W trakcie wdrażania platformy opartej na rozwiązaniach systemu PLM analitycy w analizowanej firmie doszli do wniosku, że należy zoptymalizować i zautomatyzować zachowanie integracji pomiędzy systemem PLM a systemem IFS. Analitycy zaproponowali również modyfikację schematu cyklu życia procesu „Engineering Change/Zmiana inżynierska” i dodanie, czy też modyfikację następujących etapów cyklu życia:

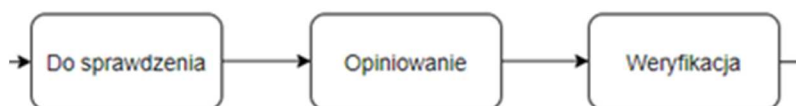
- „Zakończono” – etap ten zastąpił etap „Ręczny zapis dokumentacji do systemu IFS”. Obecnie omawiany etap kończy cały cykl życia procesu i łączy się z etapami „Odrzucenie dokumentacji” oraz „Zatwierdzenie dokumentacji” (rys. P27.2).



Rys. P27.2. Pojawienie się nowego etapu „Zakończono”

Źródło: Opracowanie własne.

- „Opiniowanie” – zdecydowano się na dodanie dodatkowego etapu, w którym wskazane osoby muszą wyrazić swoje opinie o planowanej zmianie konstrukcyjnej. Dostępne opinie to „Negatywna”, która wymaga komentarza i „Pozytywna”, w której komentarz jest opcjonalny. Etap ten znajduje się w cyklu życia pomiędzy etapem „Do sprawdzenia” i etapem „Weryfikacja” (rys. P27.3).



Rys. P27.3. Pojawienie się nowego etapu „Opiniowanie”

Źródło: Opracowanie własne.

- W statusie „Zatwierdzenie dokumentacji” planuje się wprowadzić pole: „Zmianę wprowadzić od:”, w którym wybierana jest data z kalendarza. W momencie osiągnięcia tej daty proces zostanie automatycznie zakończony.

Dzięki pracy działu IT udało się zintegrować system klasy PLM wraz z systemem klasy IFS. W analizowanej firmie system PLM jest globalną chmurą, w której są zapisywane wszystkie dane, takie jak modele 3D, dokumentacja techniczna czy projekty.

W nowym systemie PLM zdecydowano się na utworzenie kont ogólnych dla pracowników produkcji z rolą *PLM-Person-Production*, która umożliwiła im dostęp do rozwiązania systemu PLM. Rola *PLM-Person-Production* pozwala tylko na odczyt dokumentacji technicznej i nie pozwala na edycję czy usunięcie z systemu PLM żadnych danych. Wdrożenie tego systemu spowodowało również dostęp do wizualizacji modeli 3D z poziomu „Kiosków produkcyjnych”, bez konieczności instalowania programów typu CAD (Catia, SolidWorks, Inventor) na takich stanowiskach.

## Opis rozwiązania

Obecnie, po wdrożeniu zaprezentowanego rozwiązania, aby inżynier mógł przejść z początkowego statusu cyklu życia „Inicjalizacja zmiany konstrukcyjnej” do następnego etapu, musi on dodać dokumentację konstrukcyjną, która jest już gotowa i wymaga sprawdzenia przez jego przełożonego w etapie „Do sprawdzenia”. Dodatkowo dokonano pewnych zmian w schemacie cyklu życia procesu „Engineering Change/Zmiana inżynierska”, co prezentuje rys. P27.4.



Rys. P27.4. Nowy schemat cyklu życia procesu Engineering Change/Zmiana inżynierska

Źródło: Opracowanie własne.

W szczególności dodano cykl życia „Opiniowanie”. W tym etapie osoby, które są powiązane z działem konstrukcyjnym dokonującym zmiany, mają za zadanie wyrazić swoją opinię w związku ze zmianą, która ma zostać wprowadzona. Nawet negatywna opinia nie przekreśla sukcesu całego procesu. Dodanie opinii spowoduje, że proces automatycznie zostanie wypromowany do następnego statusu, którym jest weryfikacja.

Ponadto dołożono cykl życia „Zakończono”. Stan ten kończy cały cykl życia procesu. Omawiany status cyklu życia wprowadził najwięcej zmian w całym procesie „Engineering Change/Zmiana inżynierska”, ponieważ spowodował on automatyczne przeniesienie dokumentacji technicznej, która obecnie jest sprawdzana na dwóch etapach i musi zostać dodana już na samym początku procesu. Są to odpowiednio etapy: „Do sprawdzenia” oraz „Do zatwierdzenia dokumentacji”.

W momencie, w którym proces przechodzi przez status „Odrzucenie dokumentacji”, proces automatycznie jest kierowany do etapu „Zakończono” i taki status widnieje w systemie PLM dla omawianego procesu.

W momencie, w którym proces przechodzi przez status „Zatwierdzenie dokumentacji” i zostaje osiągnięta data wskazana w polu „Zmianę wprowadzić od:” proces automatycznie zmienia status na „Zakończono”. W tym etapie dokumentacja techniczna, która jest załączona do procesu „Engineering Change/Zmiana inżynierska” w systemie PLM automatycznie przenosi się również do systemu IFS, który jest dostępny na produkcji. Efektem tych zmian jest brak pomyłek na produkcji. Dzięki temu rozwiązaniu zredukowano do zera koszty wytworzenia nieaktualnych komponentów.

Dodatkowo po osiągnięciu statusu „Zakończono” system PLM automatycznie generuje powiadomienia mailowe do:

- osób opiniujących,
- osób sprawdzających,
- osób ostatecznie zatwierdzających,

- osób odrzucających zmianę,
- właściciela procesu, który go utworzył.

W tym stanie podlinkowane wcześniej obiekty zawierające w sobie dokumentację techniczną automatycznie zmieniają swoją fazę z „Implementation/Implementacja” na „Production/Produkcja”.

## **P28. Wdrożenie elektronicznej bazy danych do zarządzania magazynem chemicznym oraz jego modernizacja w przedsiębiorstwie produkcyjnym** *(Dominika Rajca)*

### **Opis sytuacji**

Analizowane przedsiębiorstwo zajmuje się produkcją w branży lotniczej. Liczy około 2 tysięcy pracowników. W jednym z budynków, wchodzącym w skład majątku tej firmy, mieści się średniej wielkości magazyn chemiczny. Gromadził on zaopatrzenie w produkty chemiczne dla kilku wydziałów. Sposób ich składowania był niestety nieefektywny, materiały nie były dostatecznie uszeregowane i sklasyfikowane. Przyczyniało się to do wydłużonego czasu szukania produktów, których ilość nie była ewidencjonowana. Nie było także wyznaczonych osób, które miałyby się zajmować porządkiem i wydawaniem produktów z magazynu.

Dyrektor produkcji, chcąc unowocześnić zarządzanie magazynem chemicznym oraz samo pomieszczenie, postanowił go zmodernizować. Wyzaczył zespół, który zajął się realizacją tego projektu. Po ustaleniu budżetu wybrano firmę, która zaczęła remont magazynu. Nowy magazyn modernizowano tak, aby spełniał wszystkie wymagane normy BHP, przepisy przeciwpożarowe, wymogi ochrony środowiska.

Główne wymagania, jakie musi spełniać magazyn chemiczny, są następujące:

- materiały niebezpieczne muszą być przechowywane w odpowiednio oznakowanych miejscach i opakowaniach do tego przeznaczonych,
- pomieszczenia, zbiorniki, opakowania oraz aparatura, w których są przechowywane materiały niebezpieczne, powinny być odpowiednio dobrane do właściwości tych materiałów,
- należy stosować odpowiednie i wymagane środki ochrony zbiorowej i indywidualnej, chroniące pracowników przed szkodliwym i niebezpiecznym działaniem przechowywanych materiałów,
- zbiorniki, naczynia lub inne opakowania służące do przechowywania materiałów niebezpiecznych powinny być oznakowane w języku polskim, a dodatkowo:
  - wytrzymałe oraz zabezpieczające przed uszkodzeniami zewnętrznymi,
  - odpowiednio szczelne,
  - wykonane z materiału niepowodującego niepożądanych reakcji chemicznych z ich zawartością.

## Opis rozwiązania

W przebudowywanym magazynie chemicznym wykonano wymaganą wentylację grawitacyjną oraz klimatyzację, która zapewni właściwą temperaturę w pomieszczeniu. Zakupiono odpowiedni sprzęt gaśniczy dostosowany do grupy pożarów zamieszczonych w obiekcie. Zamontowano także myjki i umywalki, które posłużą jako środki pomocy w razie kontaktu pracownika z produktem chemicznym. Pomieszczenie zostało wyposażone w apteczki oraz inne środki ochrony osobistej.

Ściany pomalowano łatwo zmywalnymi farbami, natomiast posadzkę wykonano z materiału nieiskrzącego się, przystosowanego do pomieszczeń magazynujących substancje łatwopalne. Zamontowano odpowiednie regały i szafy chemiczne (rys. P28.1) z wannami wychwytowymi, odpowiednimi do magazynowania materiałów chemicznych.



Rys. P28.1. Zamontowane szafy chemiczne z wannami wychwytowymi: EMPORO – szafa na chemikalia, podłogowa wanna wychwykowa 60 l, 3 półki wannowe 1150 x 550 x 2100 mm (szer. x gł. x wys.)

Źródło: (<https://www.emporo.pl/v/1365187/szafa-na-chemikalia-podogowa-wanna-wychwykowa-60l-3-pki-wannowe-szer-x-g-x-wys-1150x550x2100-mm>)

Po oddaniu do użytku nowego magazynu chemicznego wdrożono elektroniczny system przygotowany przez zespół informatyków analizowanej firmy, do ewidencji rotacji oraz stanów magazynowych środków chemicznych. Wyznaczono osoby odpowiedzialne za wprowadzanie rotacji materiałów, zamawianie oraz wypakowywanie nowych dostaw. Materiały chemiczne zostały uporządkowane oraz ułożone na regałach zgodnie z zasadą FIFO.

Do nowego systemu dostali dostęp także logistycy i planiści odpowiednich wydziałów w celu szybkiego przeglądu ilości oraz dat przydatności produktów chemicznych, które wchodziły w skład procesów wydziałowych.

## Osiągnięte korzyści

Dzięki wprowadzonemu systemowi zarządzanie produktami chemicznymi w magazynie stało się proste i szybkie. Każdy środek chemiczny dodatkowo miał swoją kartę charakterystyki, którą można było przeglądać oraz wydrukować.



Jak zauważono, w dość krótkim czasie użytkowania nowego magazynu chemicznego z nowoczesnym oprogramowaniem skrócił się w dużym stopniu proces poboru materiałów chemicznych oraz czas ich wyszukiwania i rotacji. Przeliczono, że w skali miesiąca czas to w przybliżeniu 3 godziny na jednego pracownika. Wskazuje to na znaczne obniżenie „marnowania czasu” i skupienie się pracowników na realizacji wyznaczonych zadań.

Na podstawie prognoz zużycia pracownicy potrafili przewidzieć rotację wybranych materiałów oraz zamówić je w odpowiednim czasie z dostawą *Just in Time*, aby nie powodować zbędnych stanów magazynowych. W skali lokalnej wzrosła także konkurencyjność przedsiębiorstwa ze względu na posiadanie nowoczesnego magazynu chemicznego.

## **P29. Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości do wyeliminowania błędów ludzkich w procesie montażu (Dariusz Breś)**

### **Opis sytuacji**

Rozszerzona rzeczywistość, w skrócie zwana AR (ang. *Augmented Reality*), ma zastosowanie w wielu obszarach życia, w tym także w przemyśle. Charakteryzuje się ona połączeniem wirtualnej rzeczywistości z tą prawdziwą. Pozwala na wykorzystanie wirtualnych elementów przestrzeni w połączeniu z prawdziwymi. Taka synteza sprawia, że realna praca staje się prostsza, szybsza i bezpieczniejsza. Te zalety skłoniły omawianą firmę do zainwestowania w system rozszerzonej rzeczywistości, co przyniosło ogromne zyski.

Analizowana firma specjalizuje się w produkcji nawigacji satelitarnych. Część prac jest wykonywana automatycznie, część półautomatycznie, a część – ze względu na swoją specyfikę – ręcznie. Manualną pracą jest montaż. Polega na pobraniu kilkunastu komponentów z poszczególnych pojemników i zamontowaniu ich zgodnie z instrukcją. Łączenie elementów odbywa się na różne sposoby: część jest lutowana, część klejona, inne komponenty są przykręcane, a do łączenia jeszcze innych wykorzystuje się zatrzaski.

### **Analiza**

Ze względu na profil firmy, której wyroby są kierowane do użytkowników typu premium, ceny nawigacji są wysokie, a co za tym idzie – nie jest to produkcja na wielką skalę. Ponadto firma szczyci się, że jej produkty są *hand made*, dlatego tam, gdzie to możliwe, pracę wykonują ludzie, a nie roboty. Firma przykładą dużą wagę do jakości wyrobów. W związku z tym większość elementów jest montowana przez wyspecjalizowanych monterów, którzy dbają o każdy szczegół. Niestety, nawet specjalistom zdarzają się błędy. Ponadto proces nauki nowego pracownika jest długi i rozłożony w czasie. Na zwykłej taśmie produkcyjnej pracownik ma do wykonania kilka prostych czynności i przekazuje wyrób na kolejne stanowisko. W przypadku analizowanej firmy jeden monter wykonuje ponad 20 operacji, z czego wiele o wysokim stopniu trudności, stosując się do restryk-



cyjnych norm dotyczących precyzji. W związku z tym okres, po jakim nowozatrudniona osoba może sama pracować, bez pomocy doświadczonego specjalisty jest wyjątkowo długi. Poza wieloma operacjami do przeprowadzenia ważna jest również kolejność ich wykonania. Pominięcie którejś operacji dużo kosztuje ze względu na swoją czasochłonność. Należy wymontować zamontowane później elementy, a następnie, po skorygowaniu błędu, montować je na nowo.

### Proponowane rozwiązanie

W związku z opisanymi problemami przedsiębiorstwo zwróciło się do firmy z branży VR o zaprojektowanie rozwiązania, które wyeliminuje błędy pracowników i zredukuje koszty produkcji. Zaprojektowano i wdrożono system wykorzystujący rozszerzoną rzeczywistość. System opiera się na okularach AR, które montażyści mają założone przez cały czas pracy. W okularach zamontowano wiele czujników oraz wskaźników. Również na stanowisku pracy zostały zamontowane czujniki, które łączą się bezprzewodowo z okularami. Dzięki temu okulary mają wiedzę o swoim położeniu względem stanowiska pracy oraz o czynnościach wykonywanych przez montażystę. Cały proces polega na tym, że w momencie rozpoczęcia montażu kolejnego wyrobu pracownik widzi realne przedmioty oraz „wyświetlone” wirtualne wskaźniki lub komunikaty. Przykładowo pierwszą czynnością, jaką wykonuje pracownik, jest wczepienie diody LED. W związku z tym w górnym obszarze pola widzenia pojawia się zielonym kolorem komunikat o nazwie LED. Jeśli pracownik pobierze diodę z pojemnika (co zarejestruje czujnik zamontowany na pojemniku) i ją zamontuje w nawigacji, to w górnym obszarze pola widzenia wyświetli mu się komunikat MOTHERBOARD, co będzie sygnałem, że teraz należy zamontować płytę główną. Jeśli natomiast pracownik pomyli kolejność i najpierw będzie chciał montować płytę główną, wyświetli mu się komunikat ALARM w kolorze czerwonym oraz informacja o tym, co w tym momencie powinno zostać zamontowane. Jeśli pracownik, np. przez nieuwagę, zignoruje ostrzegawczy komunikat, to otrzyma dodatkowo sygnał dźwiękowy.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zastosowanie nowoczesnej technologii rozszerzonej rzeczywistości pozwoliło wyeliminować błędy ludzkie, które zdarzają się nawet najlepiej przeszkolonym pracownikom. To rozwiązanie nie tylko eliminuje przeoczenie którejś operacji, ale także wymusza na pracowniku zachowanie odpowiedniej kolejności działania, co jest niezwykle ważne w montażu tego typu części. To prawda, że wdrożenie technologii AR wygenerowało duże koszty, ale jest to inwestycja na lata, która zwraca się każdego dnia pracy. Szkolenie nowych pracowników, dotychczas zajmujące całe dni, zostało skrócone do kilku godzin. Nowy pracownik nie musi zapamiętać skomplikowanej kolejności operacji, wystarczy, że zda się na pomoc inteligentnych okularów AR. To prawda, że nawet najlepsza technologia nie zastąpi uważności człowieka, ale wspomaga ją w niewyobrażalnym stopniu. Do tego należy wspomnieć o komforcie pracy montażystów. Fakt, że mają wirtualnego asystenta, sprawia, że czują się mniej zmęczeni niż do tej pory. Większe zyski, redukcja kosztów i zadowolenie pracowników – to wszystko przyniosło firmie zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości.



## P30. Wprowadzenie programu do analizy dużych zbiorów danych w firmie produkcyjnej (Dominik Wicek)

### Opis sytuacji

Nowoczesne technologie, aplikacje, urządzenia przenośne oraz media społecznościowe całkowicie odmieniły branżę produkcyjną. Powstają nowe systemy z coraz bardziej rozwiniętymi technologiami, które pozwalają w skuteczniejszy sposób analizować zbiory danych. Wielu producentów dostrzega w dziedzinie *Big Data* ogromny potencjał i szansę na uzyskanie przewagi w walce o klienta. Duża różnorodność przetwarzanych danych wymaga doboru odpowiednich rozwiązań technologicznych w celu prawidłowej interpretacji pozyskanych informacji.

W przypadku produkcji masowej istotną rolę odgrywa indywidualne podejście do tematu, co prowadzi do wdrażania coraz bardziej złożonych i powiązanych ze sobą procesów, które generują ogromną ilość danych. Pozyskiwanie i przetwarzanie informacji ma bardzo duże znaczenie w procesie zarządzania przedsiębiorstwem. Dzięki nim można prawidłowo ocenić sytuację firmy, przeprowadzić planowanie czy optymalizację procesów. *Big Data* jest pojęciem, które zrewolucjonizowało współczesne podejście przedsiębiorstw do procesów produkcyjnych i zarazem stało się częścią koncepcji Przemysłu 4.0.

Przedsiębiorstwa produkcyjne, aby sprostać wymaganiom swoich klientów oraz skutecznie konkutować, muszą ciągle podnosić jakość swoich produktów, skracać czas realizacji procesów produkcyjnych, czas realizacji dostaw oraz dostosować produkt końcowy do oczekiwań klientów. Kluczowe znaczenie w osiągnięciu sukcesu ma szybkość i jakość podejmowanych decyzji oraz skuteczność zarządzania operacyjnego, co odgrywa ważną rolę na każdym etapie produkcji: począwszy od magazynowania surowców, przez ich przetwarzanie, aż po wyrób końcowy gotowy do wysyłki.

Główne problemy przedsiębiorstw to:

- duża ilość informacji pochodzących z wielu źródeł,
- słaba kontrola nad procesami produkcyjnymi, logistycznymi,
- brak płynnego przepływu informacji między działami,
- brak jednego, spójnego narzędzia usprawniającego zarządzanie operacyjne, analitykę i raportowanie,
- zmienne oczekiwania klientów,
- brak narzędzi służących do optymalizacji procesów produkcyjnych,
- niechęć do korzystania z nowoczesnych technologii.

W praktyce, gdy zamówienie na wyrób zostało potwierdzone do realizacji, często zdarzało się, że był duży problem z monitorowaniem przebiegu danego zlecenia. Dochodziło do sytuacji, w których brakowało materiału, nie został on zamówiony w odpowiedniej ilości lub przechodził zbyt długo między kolejnymi procesami, co prowadziło do opóźnień w wysyłce.

## Analiza możliwości doskonalenia

Narzędzia do analizy danych mogą pomóc pracownikom produkcji w praktycznym pozyskaniu informacji „z pierwszej ręki”, pozwalając na analizę potrzeb zakładu i zwiększając wydajność produkcji.

Do głównych wymagań analizy danych w celu dostarczenia dodatkowych informacji należą:

- produktywność – narzędzie do analizy danych powinno być możliwie proste w obsłudze dla użytkownika,
- dane analogowe z czujników – dane powinny być pozyskiwane bezpośrednio z czujników, tak aby nie można było nimi manipulować oraz ich usuwać,
- różnorodność informacji – dane powinny pochodzić z wielu serii, tak aby można było dokładnie przeanalizować proces,
- kooperacja – współpraca między działami firmy, możliwość udostępniania wyników prac badawczo-rozwojowych w celu analizy danych.

## Opis rozwiązania

*Big data* z wykorzystaniem narzędzi biznesowych posiada bardzo duże znaczenie w usprawnieniu procesów zarządzania firmą. Dzięki tym narzędziom można w sposób drobiazgowy analizować pozyskane informacje, poprawiając wydajność, jakość i uzyskując niższe koszty produkcji, co prowadzi do poprawy konkurencyjności. Wykorzystanie narzędzi do analizy dużych zbiorów danych umożliwia:

- elastyczne reagowanie na zapotrzebowanie,
- zminimalizowanie opóźnień,
- zredukowanie kosztów zapasów,
- właściwe lokalizowanie nadmiaru surowca,
- swobodne kształtowanie zdolności produkcyjnych,
- szybsze wdrażanie nowych produktów,
- poprawę wykorzystania zasobów,
- ograniczenie czasu potrzebnego na realizację zamówień.

W firmie zostało wprowadzone specjalne oprogramowanie do analizy danych potrzebnych do wykonania zleceń: począwszy od analizy zapotrzebowania materiału i określenia ich dostawy, przez monitorowanie procesów produkcyjnych, po wyznaczenie terminów wysyłkowych. Oprogramowanie archiwizuje również wykonane projekty, przechowuje m.in. zdjęcia, które mogą być pomocne w razie reklamacji elementów. Archiwizowane projekty mogą być również wykorzystane w przyszłości do ponownego wykonania zlecenia. Przetwarzając w ten sposób masowe dane, w perspektywie czasu można zauważyć, który pracownik, maszyna czy linia produkcyjna częściej niż inne mają problemy (np. z jakością produkowanych wyrobów).



Istnieje wiele rozwiązań, dzięki którym analiza danych w badanej firmie może być o wiele prostsza. Należy jednak pamiętać, aby przed wdrożeniem interesującego narzędzia zastanowić się, jakie są cele i potrzeby w zakresie analizy danych. Na początku warto wypróbować jedno lub kilka podstawowych narzędzi, które pozwolą na wizualizację najważniejszych trendów w firmie. Po czasie obserwacji i ocenie wydajności narzędzia oraz zdobytych informacji na temat firmy będzie się można przekonać, jakie wyniki otrzyma się przy zastosowaniu profesjonalnych narzędzi *Big Data*. W dzisiejszych czasach narzędzia do analizy danych są podstawowym źródłem do obrania właściwej strategii firmy i usprawnienia procesów w niej zachodzących.

## **Problemy w obszarach produkcyjnych. Część 2. Pracownik i technologie przyszłości. Studia przypadków. Kompendium wiedzy**

### **Streszczenie**

Niniejsze kompendium wiedzy jest wprowadzeniem do zastosowania technologii przyszłości, a w szczególności rozwiązań informatycznych. Podkreśla również znaczenie kreowania pracownika przyszłości, który będzie posiadał odpowiednie kompetencje, aby wdrażać te technologie.

Część pierwsza pracy stanowi wstęp teoretyczny. Są to trzy rozdziały, w których omówiono wybrane zagadnienia powiązane z funkcjonowaniem systemów produkcyjnych. W pierwszym rozdziale zaprezentowano tematykę zarządzania kompetencjami pracowników. Poruszono zagadnienia związane zarówno z technicznymi, jak i społecznymi kompetencjami pracowników, a także tematykę kreowania odpowiedniej postawy pracowników. Podkreślono również znaczenie zachowywania wiedzy w przedsiębiorstwie. Rozdział drugi omawia zagadnienia dotyczące zarządzania parkiem maszyn technologicznych. Zaprezentowano różne metody, które są stosowane w tym obszarze, między innymi do oceny efektywności wykorzystania maszyn. Rozdział trzeci porusza zagadnienia związane z cyfryzacją przedsiębiorstw. Zaprezentowano strategie cyfryzacji oraz wybrane narzędzia informatyczne wspomagające systemy produkcyjne, ale nie tylko. Rozdział ten pokazuje, jak cyfryzacja może ułatwić pracownikom wykonywanie pracy oraz umożliwić bieżące monitorowanie działań i szybsze podejmowanie decyzji.

Część druga pracy prezentuje rzeczywiste sytuacje, które zostały zauważone w przedsiębiorstwach produkcyjnych funkcjonujących w różnych branżach. Zidentyfikowane problemy zostały przeanalizowane, a następnie zaproponowano rozwiązania. Położono nacisk na zastosowanie nowoczesnych metod i technologii w wielu przypadkach wspieranych przez rozwiązania informatyczne.

Niniejsze opracowanie odzwierciedla zmiany, jakie zachodzą obecnie w przemyśle. W 30 przeanalizowanych przypadkach omówiono zidentyfikowane w przedsiębiorstwach sytuacje wymagające uwagi. Aby uzyskać poprawę, zaproponowano i wdrożono rozwiązania, w tym z zakresu cyfryzacji, ułatwiając tym samym zarządzanie procesami.

Niniejsze kompendium może być wykorzystywane przez praktyków jako pomoc w doskonaleniu procesów realizowanych w przedsiębiorstwach oraz przez przedstawicieli nauki do poszukiwania obszarów prowadzenia badań i rozwiązań ułatwiających funkcjonowanie przedsiębiorstw na konkurencyjnym rynku.

**Słowa kluczowe:** problemy produkcyjne, zarządzanie kompetencjami, zarządzanie infrastrukturą techniczną, organizacja produkcji, doskonalenie produkcji, systemy informatyczne, cyfryzacja przedsiębiorstwa



## **Problems in production areas.**

### **Part 2. An employee and technologies of the future.**

#### **Case studies. Knowledge compendium**

##### **Summary**

This compendium of knowledge is an introduction to the application of future technologies, in particular IT solutions. It also emphasizes the importance of creating an employee of the future who will possess the appropriate competences to implement these technologies.

The first part of the work is a theoretical introduction. There are three chapters that discuss the selected issues related to the functioning of production systems. The first chapter presents the subject of employee competency management. The issues related to both technical and social competences of employees as well as the issues related to creating an appropriate attitude of employees were discussed. The importance of preserving knowledge in an enterprise was also emphasized. The second chapter discusses the issues related to the management of a technological machine park. Various methods used in this area, among others to assess the efficiency of machine use, are presented there. The third chapter deals with the issues related to the digitization of enterprises. The strategies of digitization and selected IT tools supporting production systems, but not only, were presented. This chapter shows how digitization can make it easier for employees to get their jobs done, and enable ongoing monitoring of activities as well as to facilitate decision-making.

The second part of the work presents real situations that have been noticed in production companies operating in various industries. The identified problems were analysed and, then, solutions were proposed. The emphasis was placed on the use of modern methods and technologies, in many cases supported by IT solutions.

This study reflects the changes currently taking place in industry. In 30 analysed cases, the situations requiring attention and identified in enterprises were discussed. In order to achieve improvement, solutions were proposed and implemented, including the field of digitization, thus facilitating the management of processes.

This compendium can be used by practitioners as an aid in the improvement of the processes carried out in enterprises as well as by the representatives of science to search for the areas of research and for the solutions facilitating the functioning of enterprises in a competitive market.

**Keywords:** production problems, competency management, technical infrastructure management, production organization, production improvement, IT systems, company digitization