

Augustyn LORENC*, Krzysztof PRZYŁUSKI**

USPRAWNIENIE REALIZACJI PROCESÓW SERWISOWYCH – STUDIUM PRZYPADKU

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2017.075.13

Celem podjęcia tematu było usprawnienie procesów serwisowych realizowanych przez Knorr-Bremse Systemy Kolejowe Polska sp. z o.o. Szczególny nacisk położono na wykonywanie zbędnych ruchów i wysiłek fizyczny pracowników. Celem pośrednim było odnalezienie rozwiązania w możliwie prosty sposób z wykorzystaniem koncepcji *muda*.

Aby usprawnić proces serwisowy, wykonano najpierw mapowanie procesów dla naprawianych podzespołów, tj. zacisków, agregatów hydraulicznych oraz pomocniczych jednostek luzujących. Następnie dokonano oceny czasochłonności poszczególnych czynności i wykonano analizę Pareto-Lorenza, aby określić najbardziej czasochłonne procesy. Na podstawie otrzymanych wyników zaproponowano zastosowanie żurawia w celu ułatwienia procesu przenoszenia ciężkich podzespołów pomiędzy stanowiskami. Ostatnim krokiem była ocena efektywności proponowanego rozwiązania pod kątem oszczędności czasowych.

Z punktu widzenia przedsiębiorstwa wyniki wykonanej analizy mają istotne znaczenie. Zaproponowane rozwiązanie nie tylko pozwala na redukcję całkowitego czasu procesów serwisowych, ale również wpływa na komfort pracy załogi.

Słowa kluczowe: *muda*, mapowanie procesów, analiza efektywności, zbędny ruch

1. WPROWADZENIE

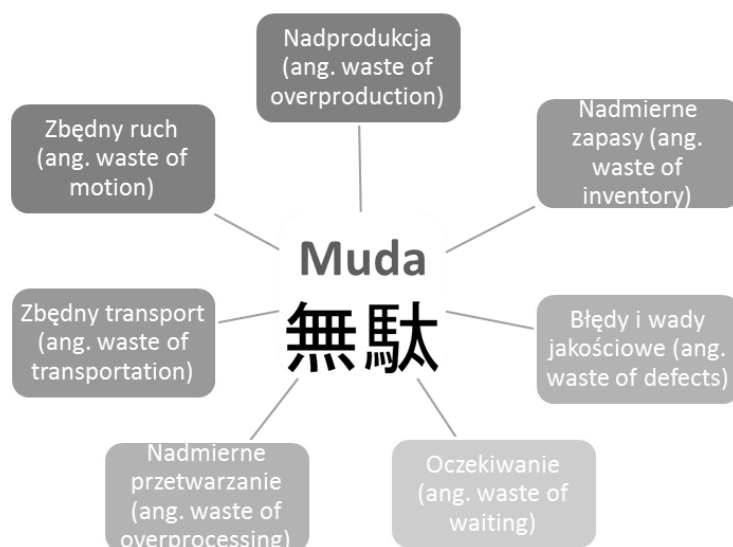
W celu zwiększenia efektywności współczesne przedsiębiorstwa produkcyjne i serwisowe dążą do optymalizacji procesów przez nie realizowanych. Optymalizacja procesów pozwala na osiągnięcie większej efektywności, ale także na zmniejszenie kosztów produkcji, zmniejszenie liczby zużywanych materiałów, zmniejszenie

* Instytut Pojazdów Szynowych, Politechnika Krakowska.

** Knorr-Bremse Systemy Kolejowe Polska sp. z o.o.

szenie czasochłonności procesów oraz na zmniejszenie zasobów ludzkich (Krawczyk 2011, Rushton et al. 2014).

Ciągłe dążenie do większej efektywności jest podstawą wielu ideologii i koncepcji zarządzania zasobami i produkcją. Najwięcej tego typu koncepcji wywodzi się z Japonii i ma początki w przedsiębiorstwie Toyota Motor Company. Jedną z koncepcji tego typu jest *muda* oznaczająca w języku japońskim słowo: bezużyteczny, daremny, zbędny. *Muda* jest wykorzystywana m.in. w systemie produkcyjnym Toyoty (ang. Toyota Production System) oraz w Lean Management (szczupłym zarządzaniu). W skład pierwotnej *mudy* wchodzi siedem rodzajów marnotrawstwa, które kolejnym kroku zostały poszerzone do ośmiu (Osada, 1991, Pawłowski et al. 2010). Obszary marnotrawstwa według klasycznej koncepcji *muda* przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Siedem obszarów marnotrawstwa według koncepcji *muda*, opracowano na podstawie (Ohno 2008)

Poszczególne obszary marnotrawstwa rozumiane są jako:

- Nadprodukcja (ang. *waste of overproduction*) – wytwarzanie produktów, usług lub informacji w oderwaniu od zgłaszanego popytu, to znaczy z wyprzedzeniem lub w ilości większej niż niezbędna. Produkowanie w nadmiarze jest niezgodne z kluczową dla systemu produkcyjnego Toyoty metodą *just-in-time*. Ohno uważał nadprodukcję za najgroźniejszy rodzaj marnotrawstwa, gdyż prowadzi ona do powstawania innych rodzajów marnotrawstwa opisanych w ramach *muda* (przede wszystkim zapasów) (Ohno 2008).
- Nadmierne zapasy (ang. *waste of inventory*) – większa niż niezbędne minimum ilość surowców, półproduktów, pracy w toku oraz wyrobów gotowych. Obec-

ność zapasów jest konsekwencją nadprodukcji. Zapasy „zamrażają” środki finansowe, które mogłyby zostać przeznaczone na inne cele. Zwiększają także ryzyko przypadkowego zniszczenia, uszkodzenia i starzenia się produktów oraz generują dodatkowe koszty transportu i magazynowania. Posiadanie nadmiernych zapasów pozwala maskować problemy w przedsiębiorstwie m.in. z jakością produktów, nierzetelnymi dostawcami i złym stanem technicznym maszyn (Grycuk, 2011).

- Błędy i wady jakościowe (ang. *waste of defects*) – wadliwe produkty lub niewłaściwie wykonane usługi, i związana z tym konieczność m.in. dodatkowych inspekcji, ponownego wytworzenia, naprawy lub wymiany wadliwego produktu oraz czas poświęcony na odpowiadanie na reklamacje klientów. Do tej kategorii strat zaliczana jest każda praca lub czynność, która nie została wykonana z wynikiem pozytywnym za pierwszym razem i musiała zostać powtórzona.
- Oczekiwanie (ang. *waste of waiting*) – niepotrzebne oczekiwanie produktu w procesie dodawania wartości lub oczekiwanie maszyn lub ludzi na potrzebne materiały, narzędzia, instrukcje lub informacje niezbędne do wykonania pracy. W procesach administracyjnych jest to m.in. oczekiwanie na decyzje, podpisy, zezwolenia, zaświadczenia, a także kolejki (np. w urzędach i placówkach służby zdrowia) (Grycuk 2011).
- Nadmierne przetwarzanie (ang. *waste of overprocessing*) – każda czynność, która nie jest niezbędna do wytworzenia produktu lub usługi o wymaganych przez klienta parametrach i poziomie jakości. Zastosowanie zaawansowanych i drogich technologii, maszyn, narzędzi informatycznych etc. w sytuacji, kiedy do osiągnięcia tego samego wyniku wystarczyłyby prostsze i tańsze. Podpisy, dokumenty, zaświadczenia, zgody przełożonych, które nie są niezbędne do wykonania zadania. Zbędne podróże służbowe, raporty, kontrole czy też niepotrzebnie zwoływane zebrania (Grycuk 2011).
- Zbędny transport (ang. *waste of transportation*) – niepotrzebne przemieszczanie produktów lub materiałów zarówno w obrębie organizacji, jak i między organizacjami. Podobnie jak w przypadku zapasów, transport generuje dodatkowe koszty oraz zwiększa ryzyko zniszczenia lub uszkodzenia produktów.
- Zbędny ruch (ang. *waste of motion*) – każdy zbędny wysiłek fizyczny wykonywany przez pracownika w trakcie wykonywania pracy (chodzenie, sięganie po przedmioty, schyłanie się, przechodzenie z miejsca na miejsce) wynikający najczęściej z niewłaściwej organizacji lub nieprawidłowego zaprojektowania stanowiska pracy.
- Niewykorzystany potencjał pracowników (ang. *waste of untapped human potential*) – niewykorzystywanie przez organizację pomysłów, kreatywności, kompetencji, talentów, a także dostępnego czasu pracy jej pracowników oraz wykonywanie przez nich zadań poniżej ich kompetencji; niesłuchanie pracowników i przekonanie, że tylko kierownicy mogą mieć dobre pomysły (Bicheno, Holweg, 2009).

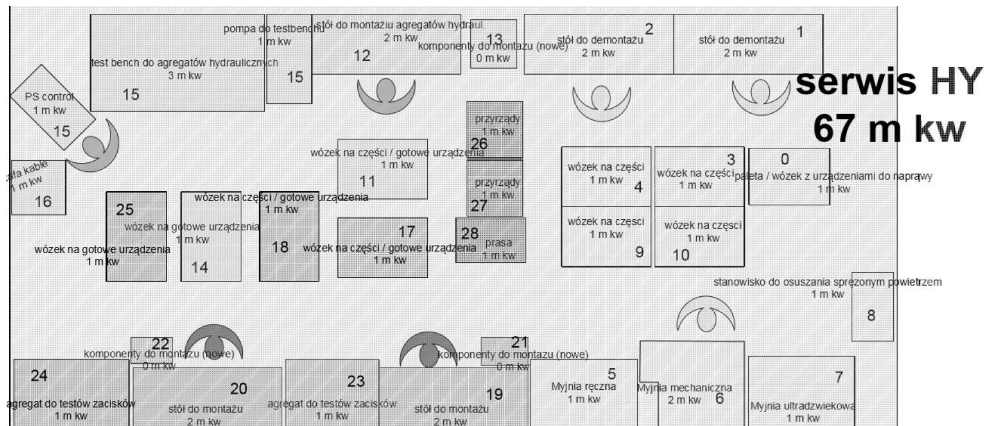
W niniejszym artykule przedstawiono rezultat usprawnienia procesów serwisowych w Knorr-Bremse. W ramach prac w lokalnym centrum serwisowym Knorr-Bremse realizuje się następujące usługi:

- Naprawa gwarancyjna – polegająca na zobowiązaniu podmiotu sprzedającego do bezpłatnej naprawy wady towaru lub jego wymiany na nowy. Naprawa gwarancyjna w polskiej jednostce serwisowej Knorr-Bremse wykonywana jest na wszystkich urządzeniach na które nabyte zostały właściwe kompetencje.
- Naprawa awaryjna – inaczej remont nieplanowany – to działanie mające na celu przywrócenie wartości użytkowej uszkodzonego obiektu. Naprawa taka najczęściej ma związek z niewłaściwym użytkowaniem produktu lub wydarzeniami, na które czynnik ludzki nie ma wpływu, jak katastrofy naturalne.
- Remont – *overhaul* – to prace polegające na przywróceniu pierwotnej funkcjonalności w naprawianym obiekcie przez wymianę lub naprawę wszystkich zużytych części. W przypadku niektórych urządzeń, tj. zacisków w projekcie nr 7 wykonywane są remonty standardowe i tzw. *minor* oznaczane odpowiednio jako *SO (standard overhaul)* oraz *MO (minor overhaul)*. Różnica wynika z zakresu zrealizowanych prac, a w szczególności z listy wymienianych części. Ważne jest, aby zaznaczyć, że obydwa remonty spełniają warunek przywrócenia pierwotnej funkcjonalności urządzenia, a zakres wymienianych elementów wynika w głównej mierze z inicjatywy klienta.

Firma Knorr-Bremse zajmuje się produkcją, sprzedażą, utrzymaniem i serwisem elementów wchodzących w skład hamulca elektrohydraulicznego. Są to głównie 3 rodzaje urządzeń:

- Zaciski – zapewniają przekazywanie siły hamującej z przewodów hydraulicznych na elementy cierne. Olej hydrauliczny oprowadzony do zacisku przewodami wywiera nacisk na tłoczek, który naciska na klocki hamulcowe. W efekcie klocki hamulcowe zostają dociśnięte do tarcz hamulcowych, powodując wytworzenie siły hamującej.
- Agregat hydrauliczny – jest urządzeniem wytwarzającym ciśnienie w układzie hamulcowym o napędzie elektrycznym. Zbudowany jest z elektrycznej pompy, zbiornika z olejem, zaworów przelewowych i proporcjonalnych, czujników ciśnienia i dodatkowo układu sterującego zależnego od typu agregatu.
- Pomocnicza jednostka luzująca – dodatkowe urządzenie wchodzące w elektrohydrauliczny układ hamulcowy. W przypadku stosowania hamulców pasywnych, tj. zaciśniętych w momencie braku oleju pod ciśnieniem, w układzie konieczne jest stosowanie luzownika, aby w razie zdarzenia awaryjnego była możliwość odhamowania pojazdu.

Schemat poglądowy pokazujący rozmieszczenie poszczególnych stanowisk w pomieszczeniu serwisowym przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Aktualne rozplanowanie stanowiska hydrauliki (opis w tekście)

Na schemacie (rys. 2) przyjęto następujące oznaczenia:

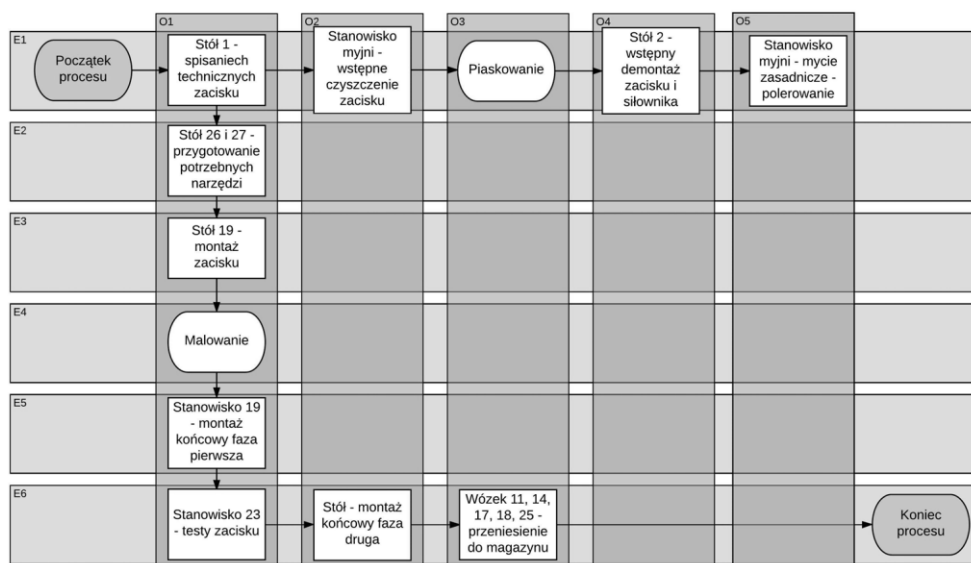
- | | |
|----------------|---|
| 0 | – paleta/wózek z urządzeniami do naprawy |
| 1, 2, 19, 20 | – stół do demontażu |
| 3, 4, 9, 10 | – wózek na części |
| 5 | – myjnia ręczna |
| 6 | – myjnia mechaniczna |
| 7 | – myjnia ultradźwiękowa |
| 8 | – stanowisko do osuszania sprężonym powietrzem |
| 11, 14, 17, 18 | – wózek na części/gotowe urządzenia |
| 12 | – stół do demontażu agregatów hydraulicznych |
| 13, 21, 22 | – komponenty do demontażu |
| 15 | – stanowisko badawcze do agregatów hydraulicznych |
| 16 | – szafa na kable |
| 23, 24 | – agregat do testów zacisków |
| 25 | – wózek na gotowe urządzenia |
| 26, 27 | – szafa na narzędzia |
| 28 | – prasa |

Na schemacie (rys. 2) stanowiska hydrauliki zaznaczono kolorem operacje „brudne” (kolor brązowy), „czyste” (kolor niebieski) oraz mieszane (kolor czerwony). Przez operacje „brudne” należy rozumieć czynności polegające na oględzinach i weryfikacji urządzeń oraz części, które zostały dostarczone do centrum serwisowego i na których ma być wykonana usługa serwisowa. Czynności wykonywane w ramach operacji „brudnych” to demontaż, mycie, czyszczenie, obróbka części. Operacje „czyste” związane są z montażem i testami dostarczonych urządzeń. Obydwe strefy mieszane są miejscami niepożądanymi i w toku dalszego rozwoju lokalnego centrum serwisowego mają być wydzielone. Aktualnie w obydwu strefach znajdują się zarówno części nowe przeznaczone do wymiany, jak i części

obrobione przeznaczone do ponownego użytku, urządzenia do analizy, urządzenia naprawione gotowe do przeniesienia do magazynu.

2. MAPOWANIE PROCESÓW SERWISOWYCH

W celu analizy obecnego stanu wykonywanych przez pracowników czynności dokonano mapowania procesów serwisu agregatu, zacisku oraz luzownika. Mapowanie procesów jest techniką polegającą na wizualnym przedstawieniu przebiegu procesu lub zbioru procesów (operacji) wraz z ich wzajemnymi powiązaniem. Mapowanie procesu jest formą graficzną wykorzystującą odpowiednie symbole graficzne (Bozarth, Handfield, 2007). W graficznych interpretacjach procesu uwzględniono bloki początku i końca procesu, struktury procesu i dostawcy. Pozostałe wytyczne pominięto ze względu na charakter analizy dotyczący tylko problematyki transportu pomiędzy poszczególnymi etapami procesu. W niniejszym artykule przedstawiono mapowanie procesu dla serwisu zacisku (rys. 3).



Rys. 3. Schemat blokowy procesu naprawy zacisku; E1÷E6 – etap, O1÷O5 – operacja

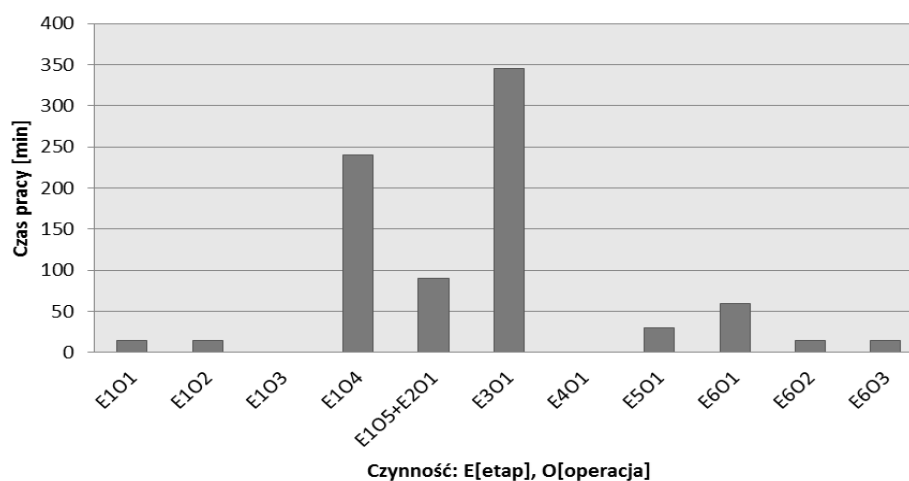
Z przedstawionych schematów blokowych naprawy hydrogeretu, zacisku i luzownika wynika, że przy standardowej naprawie głównej w każdym z procesów występuje operacja piaskowania i malowania wykonywana przez zewnętrznego kooperanta. Dodatkowo wszystkie czynności związane z przygotowaniem urzą-

dzeń do wysyłki odbywają się w tym samym miejscu, a po zamknięciu procesu naprawy trafiają w jedno miejsce odkładcze, z którego są przenoszone na magazyn.

Podczas mapowania procesu wyszczególniono również czasy wykonywania poszczególnych operacji w etapach.

Średnie czasy operacji podczas naprawy zacisku hydraulicznego to (rys. 4):

- spisanie danych technicznych zacisku (E1O1) – 15 minut,
- wstępne mycie zacisku (E1O2) – 15 minut,
- wstępny demontaż zacisku i siłownika (E1O4) – 240 minut,
- mycie elementów wraz z przygotowaniem narzędzi (E1O5 wraz z E2O1) – 90 minut,
- montaż zacisku (E3O1) – 345 minut,
- montaż końcowy faza I (E5O1) – 30 minut,
- testy zacisku (E6O1) – 60 minut,
- montaż końcowy faza II (E6O2) – 15 minut,
- pakowanie (E6O3) – 15 minut.



Rys. 1. Średni czas naprawy zacisku

Operacje bez podanego czasu są operacjami zewnętrznymi piaskowania oraz malowania i nie wlicza się ich do czasu pracy w lokalnym centrum serwisowym. Poza nimi najdłużej wykonywaną operacją jest montaż urządzenia związany z różnorodnymi przyczynami, począwszy od wymagań technologicznych przez skomplikowaną budowę urządzeń, stan techniczny urządzeń, przepływ materiałów i narzędzi, a skończywszy na doświadczeniu pracownika. W pracy tej rozważana jest optymalizacja procesu transportowego urządzeń, a w szczególności zacisków hydraulicznych ze względu na ich wagę i rozmiar. Przenoszenie urządzenia występuje w kilku obszarach procesu w kolejności od początku:

- z pola odkładczego na stanowisku na stół do demontażu lub mycia,
- ze stołu do demontażu lub mycia na paletę do kooperacji,
- z palety do kooperacji na stół demontażowy,
- pomiędzy stanowiskiem montażowym i stanowiskiem do testów,
- pomiędzy stanowiskiem do testów, a miejscem odkładczym do przeniesienia na magazyn.

Przemieszczenie jest operacją identyfikowaną jako niepożądana ze względu na możliwość uszkodzenia urządzenia, obciążenie pracownika, wydłużony czas procesu. W następnym podrozdziale został przedstawiony diagram Pareto-Lorenza ujmujący wymienione zagadnienie transportowe na tle pozostałych niedogodności w czasie serwisu urządzeń systemów hamulcowych pojazdów szynowych.

3. IDENTYFIKACJA PROBLEMU

Podczas analizy procesu serwisu urządzeń hamulcowych pojazdów szynowych skupiono się na sposobie transportowania urządzeń na stanowisku hydrauliki jako jednej z kluczowych operacji, która ma być poddana udoskonaleniu. Pośród niepożądanych zdarzeń dalej nazywanych problemami, czynność związana z transportem znajduje się w najwyższej pozycji w tabeli 1.

Tabela 1. Liczba niepożądanych zdarzeń

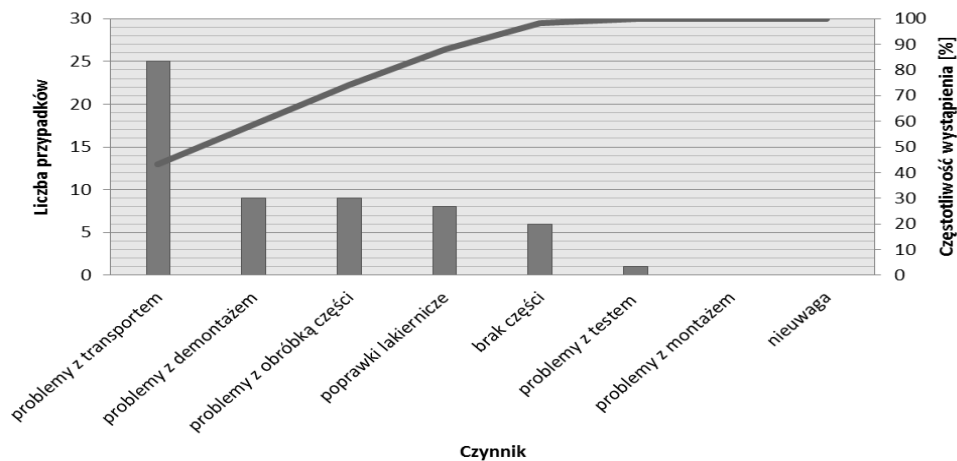
Problem	Częstotliwość występowania
problemy z transportem	25
problemy z demontażem	9
problemy z obróbką części	9
poprawki lakiernicze	8
brak części	6
problemy z testem	1
problemy z montażem	0
nieuwaga	0

Badana próba odnosi się do dnia 03.01.2017 i dotyczy 47 urządzeń (38 zacisków, 3 luzowniki, 6 agregatów hydraulicznych) z 40 zleceń serwisowych. Urządzenia można zaklasyfikować pod względem wagi:

- zaciski duże > 45 kg,
- zaciski małe < 45 kg,

- luzowniki < 20 kg,
- hydrogerety < 45 kg.

Problem transportu dotyczy głównie zacisków dużych o wadze powyżej 45 kilogramów, które z badanej próby stanowią 43% wszystkich urządzeń. Na kolejnych miejscach znajdują się problemy z demontażem, obróbką części (szlifowanie, polerowanie), malaturą, brakiem części w zakładzie (części niestandardowe), problemów z testem końcowym oraz czynnikiem ludzkim – nieuwagą. Czynnikiem nieuwagi ma wskaźnik równy zeru ze względu na zdarzenia historyczne, które nie miały miejsca w badanej próbie. Dane zebrane na diagramie Pareto-Lorenza zaprezentowano na rysunku 5.



Rys. 2. Wykres Pareto-Lorenza dla serwisu urządzeń hydraulicznych

Odnosząc się do reguły 80-20, można zauważyć, że 80% problemów generowanych jest przez trzy pierwsze czynniki tj. problemy z transportem, problemy z demontażem oraz problemy z obróbką części. Rozwiązaniem problemów z demontażem i obróbką części należałoby zająć się w przypadku dalszej analizy procesu, natomiast w niniejszej publikacji zaproponowano rozwiązanie dotyczące problemu z transportem (przenoszeniem) urządzeń hydraulicznych.

4. USPRAWNIENIE PROCESU SERWISOWEGO

Aby zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń opóźniających proces serwisowy, rozważono wykorzystanie żurawia słupowego. Jego zastosowanie pozwoliło na usprawnienie procesów transportowych realizowanych pomiędzy stanowiskami roboczymi. Żuraw słupowy z ramieniem przegubowym umożliwił

pracę na całym stanowisku hydrauliki ze względu na duże możliwości operacyjne ramienia. Żuraw umożliwia obrót przed przegubem w zakresie 180° , a za przegubem 270° , dzięki czemu możliwe jest zminimalizowanie martwej strefy. Zastosowanie w żurawiu elektrycznej wciągarki zmniejsza czas podnoszenia urządzeń w porównaniu do żurawia manualnego z podnośnikiem hydraulicznym z 5 minut i 50 sekund do 3 minut i 40 sekund, co stanowi poprawę o 37%. Zastosowanie żurawia z wciągarką elektryczną głównie usprawnia przenoszenie zacisków dużych o wadze powyżej 45. Dodatkowo trzeba zaznaczyć, że problem transportowy dotyczy aż 43% wszystkich serwisowanych urządzeń. Analizę projektu stanowiska hydrauliki wykonano wraz z zaproponowaniem rozmieszczenia żurawia słupowego z ramieniem przegubowym.

5. WNIOSKI

W wielu zakładach produkcyjnych i serwisowych bardzo często nie jest dokonywana analiza efektywności procesów. Wykonanie mapowania procesu wraz z identyfikacją czasu trwania poszczególnych czynności pozwala na zauważenie słabych stron i wąskich gardeł procesu. Opisanie studium przypadku pokazuje, że zastosowanie takiego podejścia pozwala usprawnić proces i poprawić komfort pracy nawet po zastosowaniu niewielkich zmian. Tego typu analizy powinny być wykonywane okresowo, co pozwoli na systematyczne usprawnianie procesów przy niewielkich nakładach inwestycyjnych.

Wdrożenie przedstawionego w publikacji rozwiązania podnosi jakość pracy lokalnego centrum serwisowego na kilku płaszczyznach. Pozwala na skrócenie czasu pracy o 2 minuty i 10 sekund, co przy skali rosnącego rynku napraw taboru kolejowego – zarówno w kraju, jak i za granicą – w długofalowej perspektywie czasu przyniosłoby wymierne korzyści ekonomiczne. Kolejną zaletą proponowanego rozwiązania jest wypełnienie wartości korporacyjnych firmy Knorr-Bremse Systemy Kolejowe Polska sp. z o.o., a mianowicie „technologicznej doskonałości” w myśl zasady „doskonały proces – doskonały produkt”, a „przedsiębiorczość” przez efektywne zarządzanie czasem pracy serwisantów. W kwestii wizerunkowej proponowane rozwiązanie ma charakter reklamy dla klientów przedstawiającej wysoką jakość świadczonych usług opierającą się na stanowiskach pracy i zastosowanych rozwiązaniach, jak specjalistyczne maszyny do testów lub urządzenia transportowe. Ostatnim, ale nie najmniej ważnym, aspektem jest bezpieczeństwo i ergonomia pracy zatrudnionych pracowników. Praca z żurawiem słupowym z ramieniem przegubowym zapewniałaby łatwiejsze przenoszenie urządzeń w sposób bezpieczny dla operatora i eliminowała zagrożenia powodowane przez żurawik mobilny takie jak ruch całej konstrukcji. W przyszłości konieczna jest dalsza analiza efektywności pracy na stanowisku wraz z dogłębną analizą czasu

wykonywania poszczególnych czynności i opóźnień powodowanych czynnikami zewnętrznymi jak np. długie oczekiwanie na nietypowe części zamienne. Prace na ten temat są jak najbardziej zasadne ze względu na prężnie rozwijający się rynek taboru kolejowego i perspektywy unijnych dofinansowań na lata 2014-2020.

LITERATURA

- Bicheno, J., Holweg, M. (2009). *The lean toolbox. The essential guide to lean transformation (4th edition)*. Buckingham.
- Bozarth, C., Handfield, R.B. (2007). *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw – kompletny podręcznik logistyki i zarządzania dostawami*. Gliwice: Helion.
- Grycuk, A. (2011). Lean Government, czyli koncepcja szczupłego zarządzania w administracji publicznej. *Analizy BAS*, 3(47).
- Krawczyk, S. (2011). *Logistyka, teoria i praktyka*. Warszawa: Difin.
- Ohno, T. (2008). *System Produkcyjny Toyoty. Więcej niż produkcja na dużą skalę*. Wrocław: ProdPress.com.
- Osada, T. (1991). *The 5S's. Five Keys to a Total Quality Environment*. Asian Productivity Organization, Quality Resources.
- Pawłowski, E., Pawłowski, K., Trzcielski, S. (2010). *Metody i narzędzia Lean manufacturing*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Rushton, A., Croucher, P., Baker, P. (2014). *The handbook of logistics and distribution management. Understanding the supply chain*. London: Kogan Page.

SERVICE PROCESSES IMPROVEMENT – A CASE STUDY

Summary

The purpose of taking on this topic was to improve the service processes carried out by Knorr-Bremse Systemy Kolejowe Polska Sp. z o.o. Particular emphasis was placed on unnecessary movements and physical effort of employees. The intermediate goal was to find the solution in the simplest possible way using Muda. In order to improve the service process, process mapping for the repaired components, i.e. clamps, hydraulic aggregates and auxiliary unloading units, was performed first. Then, the time-consuming nature of individual activities was assessed and the Pareto-Lorenz analysis was carried out to determine the most time-consuming processes. Based on the results obtained, the use of a crane was proposed to facilitate the process of transferring heavy components between stations. The last step was to evaluate the effectiveness of the proposed solution in terms of time

savings. From the company's point of view, the results of the analysis performed are of significant importance. The proposed solution not only reduces the total time of service processes but also affects the comfort of the crew.

Keywords: *muda*, process mapping, efficiency analysis, unnecessary motion