

Redukcja kosztów cyklu życia lokomotyw przez szczupłe zarządzanie w procesie utrzymania

Anna BUTOR¹, Krzysztof LABISZ²

Streszczenie

Zwiększenie roli kolei w równoważeniu transportu towarów jest obecnie dużym wyzwaniem na całym świecie. Statystyki wyraźnie wskazują dużą dysproporcję wielkości kosztów transportu różnymi środkami transportu lądowego, w których działalność kolejowa nadal stanowi mniejszość. Ważne jest, aby wiedzieć, jak dzielone są koszty wpływające na ostateczną cenę transportu towarów koleją do ich redukcji. W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania kosztów cyklu życia produktu w celu przeniesienia produktywności na kolejny poziom i zaoszczędzenia czasu, pieniędzy i zasobów. Celem artykułu jest określenie, jakie są koszty cyklu życia i czy w firmach transportowych można zastosować narzędzia zarządzania szczupłego. Głównym celem wieloletnich badań, prowadzonych w przedsiębiorstwie będącym jednym z największych przewoźników w Polsce, była analiza kosztów procesu utrzymania lokomotywy spalinowej w całym cyklu życia lokomotywy i zbadanie wpływu zastosowania narzędzi zarządzania szczupłego na te koszty. W projekcie uwzględniano następujące narzędzia zarządzania szczupłego: standardowy arkusz pracy, wykres spaghetti, zarządzanie wizualne, diagram przyczyn i skutków, PDCA, 5S, karty standaryzacyjne. W celu uwiarygodnienia analizy dodano narzędzia Voice of the Customer oraz Critical to Quality. Wyniki analizy przedstawione w artykule dowodzą, że zastosowanie szczupłego zarządzania ma duży wpływ na skrócenie czasu obsługi, poprawę jakości produktów, a także integrację ludzi, danych, procesów i systemów biznesowych. Stosowanie szczupłego zarządzania jest celowe, ponieważ może prowadzić do redukcji o 50% kosztów utrzymania poziomu P1 w lokomotywach spalinowych przy znacznym skróceniu czasu pracy nawet o 60%. Wynik tej analizy powinien pomóc spółce w osiągnięciu znaczącej redukcji kosztów utrzymania lokomotyw, co przyczyni się do obniżenia kosztów kolejowego transportu towarów.

Słowa kluczowe: zarządzanie szczupłe, koszty cyklu życia, proces utrzymania lokomotywy

1. Wstęp

Transport jest jednym z najważniejszych sektorów gospodarki krajowej. W 2013 r. przychody ze sprzedaży usług we wszystkich firmach transportowych wyniosły 164,1 mld zł, a liczba zatrudnionych w nich osób wyniosła 495,2 tys. [19]. Ponadto, sprawnie funkcjonujący transport towarów jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania wielu innych sektorów. Transport towarów, wraz z równoległym przepływem środków pieniężnych, tworzy system niezbędny do funkcjonowania gospodarki rynkowej. Rola sektora transportu towarowego w Polsce jest również istotna ze względu na położenie geograficzne kraju, które predysponuje go do odgrywania roli kraju tranzytowego w handlu pomiędzy krajami Europy zachodniej oraz wschodniej. W dostępnych opracowa-

niach (np. publikacje GUS), wyróżniono sześć podstawowych rodzajów transportu: transport drogowy, kolejowy, lotniczy, rurociągowy oraz transport morski i wodny śródlądowy. Do pomiaru wielkości transportu stosuje się dwa podstawowe mierniki: masa przewożonych towarów (łącznie z opakowaniem) wyrażona w tonach oraz prace transportowe wyrażone w tonokilometrach (zwanych dalej „tkm”)³.

W latach 2005–2013 wolumen transportu mierzony masą przewożonych towarów wzrósł o 33%, a w 2013 roku wyniósł 1,8 mld ton (tabl. 1). Było to głównie spowodowane znacznym wzrostem masy towarów przewożonych transportem drogowym, który w tym okresie zwiększył się o około 44%. W latach 2005–2013 odnotowano również wzrost o 8,2% w transporcie lotniczym. Inne rodzaje transportu odnotowały spadek masy przewożonych towarów.

¹ Mgr inż.; Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej; e-mail: butorania@poczta.fm.

² Dr hab. inż., Prof. PŚ; Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej; Krzysztof.labisz@polsl.pl.

³ 1 tonokilometr odpowiada pracy wykonanej podczas transportu 1 tony towarów na odległość jednego kilometra.

Tablica 1

Transport ładunków (w tysiącach ton) poszczególnych rodzajów transportu w Polsce w latach 2005–2013⁴

Rodzaj transportu	2013	2010	2011	2012	2013		2005	2013
	Tys. ton	Rok poprzedni = 100				2005 = 100	Struktura [%]	
SUMA	1848348	105	107	94	103	133	100	100
Transport drogowy	1553050	105	107	94	104	144	78	84
Transport kolejowy	232596	105	106	93	101	100	17	13
Inne	62702	97	97	96	96	86	5	3

Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Na szczególną uwagę zasługuje drugi z podstawowych rodzajów transportu – transport kolejowy. Podczas gdy ilość ładunków przewożonych różnymi środkami transportu wzrasta z roku na rok, transport kolejowy w 2013 r. ledwie wyrównał wynik z 2005 r.

Należy zadać pytanie: dlaczego wolumen przewożonych towarów koleją nie zwiększa się wraz z ogólnym wzrostem przewozów towarowych w Polsce? Przewoźnicy kolejowi, jako bezpośredni i najważniejsi interesariusze, postanowili przeanalizować czynniki wpływające na poprawę konkurencyjności transportu kolejowego na rynku przewozów towarowych oraz poprawić te czynniki, na które mają największy wpływ. W artykule opisano wyniki działań naprawczych, mających na celu poprawę konkurencyjności rynkowej jednego z kluczowych przewoźników kolejowych. Firma zdecydowała się przeanalizować koszty związane z taboru kolejowym w całym cyklu życia produktu. W pierwszym etapie analizowano koszty utrzymania lokomotyw spalinowych mające istotny wpływ na koszty transportu towarów. Następnie zdecydowano się na zastosowanie narzędzi filozofii zarządzania szczupłego w celu zmniejszenia ponoszonych kosztów.

2. Opis sytuacji

Do analizy wybrano jednego z największych kolejowych przewoźników towarowych w Polsce. Analiza objęła lata 2014–2016 i dotyczyła trzech typów lokomotyw spalinowych.

2.1. Opis przedsiębiorstwa

Przedsiębiorstwo, w którym przeprowadzono analizę, ma licencję na towarowy transport kolejowy, ma również własne zaplecze naprawcze i oferuje usługi

bocznikowe. Przedsiębiorstwo rozwija się oraz inwestuje w nowe technologie, czego przykładem są plany modernizacji taboru lokomotyw i wprowadzenie do eksploatacji nowych typów lokomotyw. Przedsiębiorstwo oferuje kompleksowe usługi transportowe i logistyczne. Specjalizuje się w transporcie węgla, produktów chemicznych, olejów mineralnych i materiałów budowlanych.

Przedsiębiorstwo stoi w obliczu stopniowego spadku znaczenia i udziału kolei w transporcie towarów na rzecz transportu drogowego. Spedytorzy, nadawcy i odbiorcy towarów wybierają transport drogowy, ponieważ ich zdaniem jest on tani i wygodny, a towary są odbierane i dostarczane od drzwi do drzwi. Przedsiębiorstwo przeprowadziło badania, które wykazały, że przewagą konkurencyjną transportu drogowego jest niewątpliwie cena, czas transportu i bardzo duża elastyczność, która jest dostosowana do indywidualnych potrzeb odbiorcy.

Decyzją zarządu, w pierwszej kolejności przedsiębiorstwo rozpoczęło prace nad obniżeniem kosztów w całym cyklu życia aktywów – głównie lokomotyw.

2.2. Koszty cyklu życia

Rachunek kosztów cyklu życia (ang. *Life Cycle Cost* – LCC) zyskuje coraz większe znaczenie w wielu dziedzinach życia. LCC jest sumą wszystkich kosztów w całym okresie użytkowania lub w określonym okresie użytkowania towaru, usługi, struktury lub systemu [3]. Obejmują one cenę zakupu, koszty instalacji, koszty eksploatacji, koszty utrzymania i modernizacji oraz wartość pozostałą (rezydualną lub odzyskaną) na koniec okresu użytkowania.

Podejście oparte na cyklu życia aktywów jest podejściem rozwojowym lub holistycznym, umożliwiającym weryfikację kwestii mających wpływ na aktywa na różnych etapach ich życia. Dzięki zastosowaniu tego

⁴ Wskaźniki dynamiki i strukturę obliczono bez transportu manewrowego w transporcie kolejowym, z wyjątkiem 2005 roku.

podejścia, możliwa jest analiza dostępnych informacji oraz zrozumienie i rozważenie skutków finansowych.

Do celów analizy wszystkie koszty podzielono na dwie grupy: istotne oraz nieistotne. Do tej pory przedsiębiorstwo nie miało do czynienia z „kosztami modernizacji” i „pozostałą wartością”, dlatego w dalszej analizie nie będą one brane pod uwagę (tabl. 2).

Tablica 2

Ocena kosztów z tytułu ich wystąpienia

Rodzaj kosztów	Istotne	Nieistotne
Cena zakupu	X	–
Koszty instalacji	X	–
Koszty eksploatacji	X	–
Koszty utrzymania	X	–
Koszty modernizacji	–	X
Pozostała wartość	–	X

[Opracowanie własne].

Procentowy podział kosztów LCC dla lokomotyw (tabl. 3) przedstawiono na podstawie doświadczeń przedsiębiorstwa: 74% kosztów LCC to koszty eksploatacji, 14% to koszty utrzymania, a tylko 12% kosztów LCC to koszty zakupu i instalacji.

Tablica 3

Procentowy podział kosztów LCC dla lokomotyw opracowany na podstawie doświadczenia przedsiębiorstwa

Podział kosztów	Lokomotywa w transporcie towarowym [%]
Zakup i instalacja	12
Eksploatacja	74
Utrzymanie	14

[Opracowanie własne].

Przedsiębiorstwo nie ma obecnie wpływu na cenę zakupu oraz koszty instalacji. W celu obniżenia kosztów, zdecydowano się na dalszą analizę kosztów utrzymania aktywów.

Podział całkowitych kosztów utrzymania

W analizie kosztów cyklu życia, przedsiębiorstwo rozpoczęło badanie kosztów utrzymania lokomotyw spalinowych. Wszystkie pojazdy (w tym pojazdy używane poza publiczną siecią kolejową, np. tylko na bocznicach) zgodnie z przepisami krajowymi muszą mieć dokumentację dotyczącą systemu utrzymania (DSU). Dokumentacja ta zawiera m.in. informacje o pojeździe, strukturę cyklu przeglądów i napraw, opisy czynności wykonywanych na poszczególnych poziomach utrzymania, zmierzone parametry. Ponadto definiuje wymagania dotyczące wyposażenia warsztatów oraz kompetencje pracowników wykonujących prace utrzymaniowe. W procesie utrzymania podmioty są zobowiązane do przestrzegania przepisów wynikających z tego dokumentu. Zgodnie z DSU, każda lokomotywa powinna być poddawana okresowym przeglądom. W badanym przedsiębiorstwie wyróżnia się siedem poziomów przeglądów lokomotyw spalinowych: P1, P2/1, P2/2, P2/3, P3, P4, P5. W tablicy 4 przedstawiono liczby przeprowadzonych w 2014 r. przeglądów na poszczególnych poziomach oraz czasy pracy poświęcone na te przeglądy. Analiza obejmuje wszystkie poziomy przeglądy trzech typów lokomotyw spalinowych. Na rysunku 1 przedstawiono procentowy udział kosztów wymienionych poziomów utrzymania.

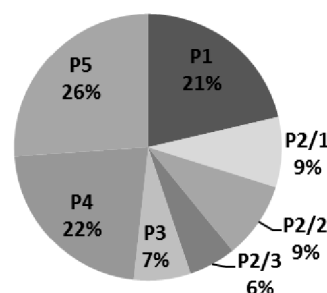
Wiązane do przestrzegania przepisów wynikających z tego dokumentu. Zgodnie z DSU, każda lokomotywa powinna być poddawana okresowym przeglądom. W badanym przedsiębiorstwie wyróżnia się siedem poziomów przeglądów lokomotyw spalinowych: P1, P2/1, P2/2, P2/3, P3, P4, P5. W tablicy 4 przedstawiono liczby przeprowadzonych w 2014 r. przeglądów na poszczególnych poziomach oraz czasy pracy poświęcone na te przeglądy. Analiza obejmuje wszystkie poziomy przeglądy trzech typów lokomotyw spalinowych. Na rysunku 1 przedstawiono procentowy udział kosztów wymienionych poziomów utrzymania.

Tablica 4

Liczba przeglądów przeprowadzonych w 2014 r. (z podziałem na poszczególne poziomy) i godziny pracy

Poziomy	Liczba roboczogodzin	Liczba przeglądów
P1	62,290	3026
P2/1	25,055	263
P2/2	27,143	187
P2/3	15,262	76
P3	17,368	16
P4	34,612	7
P5	52,271	6
SUMA	234,001	3,581

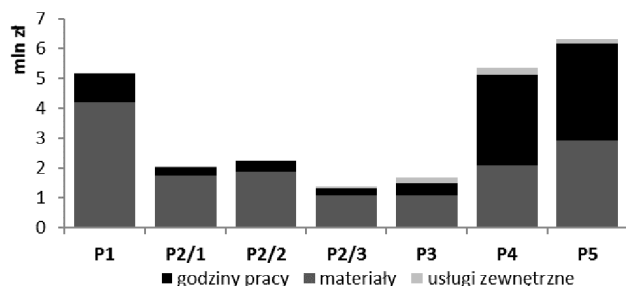
[Opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa w systemie SAP].



Rys. 1. Podział całkowitych kosztów utrzymania dla każdego poziomu przeglądu w 2014 r. [opracowanie własne]

Wyraźnie widać, że trzy poziomy przeglądy P1, P4 i P5 kosztowały przedsiębiorstwo prawie 70% całkowitych kosztów utrzymania. Pozostałe cztery poziomy przeglądy: P2/1, P2/2, P2/3 i P3 obejmują jedynie 30% całkowitych kosztów utrzymania. W celu lepszego zrozumienia istoty poziomów utrzymania, warto przyrzeć się liczbie przeglądów na każdym poziomie. W 2014 roku najczęściej, bo 3026 razy, wykonywano przegląd P1. Przeglądy na poziomach P4 i P5 są bardziej złożone i trwają do kilku miesięcy. Istotne jest, aby zrozumieć co powoduje tak wysokie koszty każdego poziomu utrzymania. Koszty każdego poziomu utrzymania podzielono na trzy grupy: koszt godzin pracy, koszt materiałów i koszt usług zewnętrznych.

nych. Po dogłębnej analizie stwierdzono, że ponad 80% kosztów w poziomach przeglądu P1, P2/1, P2/2, P2/3 i P3 generują godziny pracy (rys. 2).

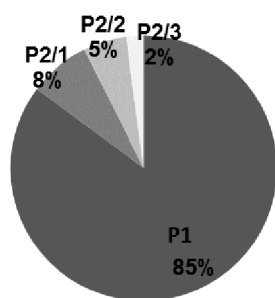


Rys. 2. Podział kosztów: koszty całkowite w podziale na godziny pracy, materiały i usługi zewnętrzne [opracowanie własne]

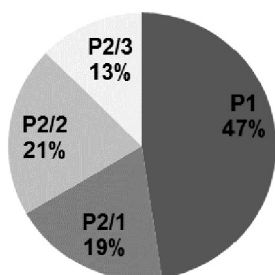
Informacje na temat remontów planowo-zapobiegawczych

Proces utrzymania lokomotywy podzielono na remonty planowo-zapobiegawcze i naprawy główne. Remonty planowo-zapobiegawcze obejmują poziomy: P1, P2/1, P2/2, P2/3, naprawy główne zaś, obejmują poziomy: P3, P4, P5.

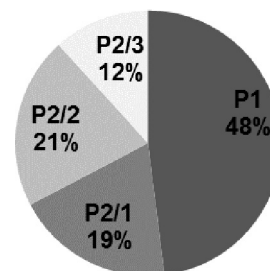
W 2014 roku, w badanym przedsiębiorstwie w systemie remontów planowo-zapobiegawczych, przeprowadzono 3552 naprawy o łącznej pracochłonności 129 750 godzin i koszcie 10,9 mln zł. Na rysunku 3 pokazano strukturę liczby poszczególnych rodzajów przeglądów, rysunek 4 przedstawia strukturę kosztów tych przeglądów, rysunek 5 zaś, pracochłonność poszczególnych rodzajów przeglądów.



Rys. 3. Podział liczby napraw w systemie remontów planowo-zapobiegawczych na konkretny rodzaj przeglądu [opracowanie własne]



Rys. 4. Podział całkowitych kosztów remontów planowo-zapobiegawczych na konkretny rodzaj przeglądu [opracowanie własne]



Rys. 5. Podział całkowitej liczby godzin pracy w systemie remontów planowo-zapobiegawczych na określone rodzaje przeglądów [opracowanie własne]

2.3. Wnioski z analizy opisanego systemu

Analiza kosztów cyklu życia lokomotyw spalinowych pokazuje, że w przedsiębiorstwie wyróżnia się cztery rodzaje kosztów: koszty eksploatacji, koszty utrzymania, koszty zakupu i koszty instalacji. Mimo, że koszty eksploatacji stanowią większość kosztów cyklu życia, przedsiębiorstwo nie ma na nie wpływu. Dostęp do infrastruktury, zużycie paliwa lub inne czynniki wpływające na koszty eksploatacji oceniono jako te, które nie mają wpływu w perspektywie krótkoterminowej, dlatego też niniejszy artykuł nie koncentruje się na tym temacie. Dotyczy to również kosztów zakupu i instalacji. Koszty te wystąpiły jednorazowo w trakcie zakupu i nie pojawiają się ponownie, ponieważ w przyszłości przedsiębiorstwo nie planuje zakupu tego typu lokomotywy.

Spośród wszystkich kosztów, warto dokładniej przeanalizować koszty utrzymania, aby ocenić możliwości redukcji tych kosztów. Całkowity podział kosztów utrzymania dla każdego poziomu przeglądów przeprowadzonych w 2014 r. (rys. 1) pokazuje, że jedna piąta całkowitych kosztów utrzymania dotyczy przeglądu P1. Z danych zawartych w punkcie 2.2. wynika, że najczęstszym rodzajem przeglądu jest poziom P1 (od 26 do 30 przeglądów w 2014 r.), który rocznie pochłania największą liczbę godzin pracy na wszystkich poziomach przeglądów.

W związku z tym warto skupić się na poziomie przeglądu P1 w celu zmniejszenia jego kosztów. Ponadto, wszystkie zalecenia dla P1 można wdrożyć na poziomach przeglądu P2/1, P2/2 i P2/3, ponieważ wszystkie zadania występujące w P1 są również uwzględnione w P2/1, P2/2 i P2/3. Po analizie, przedsiębiorstwo podjęło decyzję o podjęciu kroków w celu obniżenia kosztów poziomu utrzymania P1 dla lokomotyw spalinowych.

3. Koncepcja zarządzania szczupłego na rzecz usprawnienia

Filozofia zarządzania szczupłego (ang. *lean management*), znana jako *lean manufacturing* (produkcja szczupła), *lean thinking* (myślenie szczupłe) lub filozofia *Toyota Production System* (system produkcyjny Toyoty)

rozwinęła się w połowie lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku w celu usprawnienia procesów. Podstawa zarządzania szczupłego została dokładnie opisana w książce pt. „The Machine That Changed the World” (1990) autorstwa Jamesa P. Womacka, Daniela Roosa i Daniela T. Jonesa. W kolejnej publikacji [20], autorzy podzielili zasady szczupłego zarządzania na pięć elementów:

- określenie wartości pożądanej przez klienta,
- określenie strumienia wartości dla każdego produktu zapewniającego tę wartość oraz zakwestionowanie wszystkich niepotrzebnych kroków (zazwyczaj dziewięciu z dziesięciu), które są obecnie konieczne do osiągnięcia celu,
- zapewnienie ciągłego przebiegu produktu przez pozostałe etapy tworzenia wartości dodanej,
- oddziaływanie na wszystkie etapy, w których możliwy jest ciągły przepływ,
- dążenie do doskonałości, aby liczba etapów oraz ilość czasu i informacji potrzebnych do obsługi klienta stale zmniejszała się.

Główną ideą zarządzania szczupłego jest maksymalizacja wartości dla klienta, przy jednoczesnej minimalizacji ilości strat, a także zapewnienie zadowolenia klientów i pracowników. Innymi słowy, zarządzanie szczupłe oznacza tworzenie większej wartości dla klientów przy mniejszych zasobach. Ważne jest zrozumienie, co dla klienta jest wartością i skupienie się na niej. Głównym celem jest dostarczenie klientowi doskonałej wartości przez proces, w którym nie ma miejsca na straty. W zarządzaniu szczupłym występuje 8 rodzajów strat:

- T – Transport – przemieszczanie się osób, produktów i informacji,
- I – Inventory (Magazynowanie) – przechowywanie części, komponentów, dokumentacji, aby sprostać wymaganiom,
- M – Motion (Ruch) – gięcie, obracanie, sięganie, podnoszenie,

- W – Waiting (Oczekiwanie) – w odniesieniu do części, informacji, instrukcji, wyposażenia,
- O – Over production (Nadprodukcja) – wytwarzanie więcej niż jest to niezwłocznie wymagane,
- O – Over processing (Nadmierna obróbka) – większe tolerancje lub materiały o wyższej jakości niż jest to konieczne,
- D – Defects (Uszkodzenia) – przeróbka, złom, nieprawidłowa dokumentacja,
- S – Skills (Umiejętności) – niedostateczne wykorzystanie możliwości, powierzanie zadań przy nieodpowiednim poziomie wykształcenia pracownika.

Te rodzaje strat są wykorzystywane do opisywania wszelkiej nieekonomicznej działalności w środowisku produkcyjnym. Nie więcej, nie mniej. Wszystko, co nie wnosi wartości dodanej, jest traktowane jako strata.

3.1. Analizy Voice of the customer (Opinia klientów) i Critical to quality (Wymagania krytyczne ze względu na jakość)

W celu spełnienia pierwszej zasady filozofii zarządzania szczupłego (określenie wartości pożądanej przez przedsiębiorstwo), przedsiębiorstwo wykorzystało narzędzia VOC i CTQ. Voice of the customer (VOC), to termin używany w celu dogłębnego opisu procesu wychwytywania oczekiwań, preferencji i niechęci klientów. Ta technika, umożliwia zebranie szczegółowego zapotrzebowania klientów traktowanego priorytetowo pod względem znaczenia i zadowolenia z aktualnej oferty. W trakcie realizacji projektu, przedsiębiorstwo opracowało plan VOC, który był pierwszym krokiem do uszczuplenia procesu P1. Plan VOC zrealizowano z trzema kluczowymi klientami przez telefon i podczas wspólnych spotkań. Najważniejszymi żądaniami klientów było obniżenie kosztów, sprostanie budżetowi i standaryzacja procesu (tabl. 5).

Tablica 5

Plan redukcji kosztów VOC i standaryzacji procesu P1 dla lokomotyw spalinowych

Klient	Pytanie	Źródło	VOC (Żądanie klienta)	Znaczenie
Zarządzanie aktywami	Co sprawia, że nasze usługi są wystarczająco dobre dla naszego klienta?	Wywiad przez telefon	Wypuszczone na czas	2
		Wywiad przez telefon	Dobry produkt na koniec usługi	3
		Spotkanie	Niższe koszty	5
		Spotkanie	Dobra realizacja budżetu (co najmniej 80% zamówień w budżecie)	5
Sekcja Koordynacji		Wywiad przez telefon	Wydane jak najszybciej	3
Wydział utrzymania		Spotkanie	Niższe koszty	5
		Wywiad przez telefon	Standardowy proces	5
		Spotkanie	Dobra realizacja budżetu	5

[Dane dotyczące zarządzania projektami w badanym przedsiębiorstwie].

Tablica 6

CTQ – redukcja kosztów i standaryzacja procesu P1 dla lokomotyw spalinowych

VOC (Żądanie klienta)	Kluczowe kwestie / Hasła przewodnie	CTQ (Wymierne wymagania)	Znaczenie
Dobra realizacja budżetu	Liczba godzin pracy	Co najmniej 80% P1 musi być wykonane zgodnie z zapisami budżetowymi (do zrewidowania w SAP).	5
Znormalizowany proces	Czas, jakość	Zmienność wartości P1 w każdym warsztacie powinna wynosić 0	5
Niższe koszty (40% kosztów B)	Koszt	60% rzeczywistych kosztów = 10 godzin pracy	5

[Opracowanie własne na podstawie danych zarządzania projektami w przedsiębiorstwie]

Drzewo CTQ (*Critical to quality*) – drzewo krytycznych wymagań jakościowych jest narzędziem opracowanym w celu przekładu „języka klienta” (tj. jego ogólnych potrzeb i oczekiwań) na bardziej szczegółowe wymagania. Celem tego przekładu jest przejście od pojęć ogólnych, które są trudne do zmierzenia, do elementów szczegółowych określających zastosowanie konkretnych środków. Skrót CTQ wskazuje na kluczowe czynniki determinujące satysfakcję klienta i potrzebę ich identyfikacji. Klienci mogą być wypytywani w celu uzyskania danych dotyczących jakości, usług i wydajności. Sondaż może obejmować górne i dolne limity specyfikacji lub inne czynniki. Ponieważ CTQ odzwierciedla wyrażone potrzeby klienta, musi być dająca się zastosować, ilościową specyfikacją biznesową.

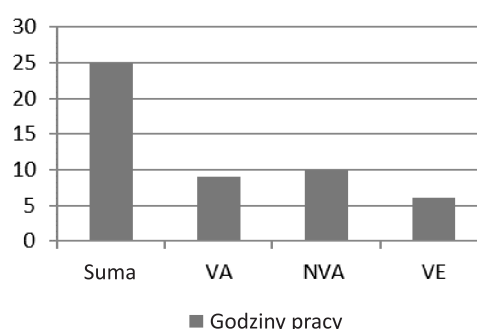
Tablicę CTQ przygotował zespół projektowy pracujący nad redukcją kosztów i standaryzacją procesu P1. Na podstawie danych z planu VOC, zespół projektowy wybrał najważniejsze wymagania klientów w celu sklasyfikowania ich w kluczowe zagadnienia i zebranie wymiernych wymagań (tabl. 6). Do spełnienia wszystkich trzech wymogów konieczne było zastosowanie metody zarządzania szczupłego wraz z narzędziami.

3.2. Arkusz bilansowania pracy standaryzowanej – SWCS

Standard Work Combination Sheet (SWCS) (arkusz bilansowania pracy standaryzowanej) jest tablicą, która wyjaśnia, ile czasu poświęca się na pracę ręczną i podróże w każdym procesie produkcyjnym. Służy do zbadania zakresu procesów, którymi jeden pracownik może się zająć w czasie rzeczywistym oraz czasu, w którym maszyny / systemy są obsługiwane automatycznie. Procesy są zapisywane w celu określenia, które kombinacje operacji są możliwe.

Przedsiębiorstwo wykonało ok. 30 obserwacji SWCS, z których wyróżniono 4 rodzaje prac: prace elektroniczne, automatyczne, mechaniczne i pneumatyczne. Dla każdego rodzaju pracy przeprowadzono analizę. Wszystkie mierzone czynności przypisano do jednej z grup: wartość dodana (VA), bez wartości dodanej (NVA) i praca generująca wartość dodaną (VE). Wyniki tych obserwacji przedstawiono na rysunku 6.

Na podstawie analizy, proces przeglądów P1 obejmuje zadania o wartości dodanej; zadania, które nie tworzą wartości dodanej i zadania generujące wartość dodaną, są działaniami wspierającymi. W pierwszym działaniu należy przeanalizować, zredukować lub nawet wyeliminować z procesu działania nie tworzące wartości dodanej. Zadania te nie wnoszą żadnej wartości dla klienta i w metodologii zarządzania szczupłego są traktowane jako czysta strata. Pomocne jest głębsze przyjrzenie się zadaniom nie tworzącym wartości dodanej i działaniom umożliwiającym tworzenie wartości dodanej w celu znalezienia rozwiązania umożliwiającego usprawnienie tych zadań.

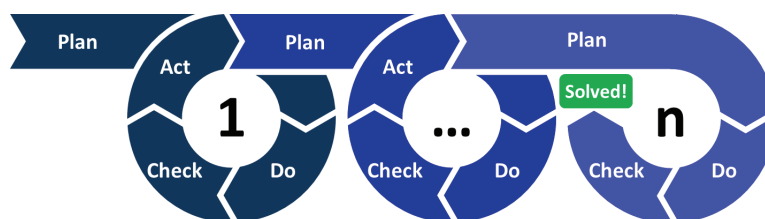


Rys. 6. Struktura składników VA, NVA, VE w przeglądzie P1 przed usprawnieniem [opracowanie własne]

3.3. Wykres spaghetti

Wykres spaghetti jest metodą przeglądania danych w celu wizualizacji możliwych przepływów przez systemy. Przedstawione w ten sposób przepływy wyglądają jak makaron, stąd przyjęta nazwa [2]. Wykres spaghetti jest jednym z narzędzi metodyki zarządzania szczupłego (używanym w fazie początkowej), umożliwiającym obserwację przepływu produktu (lub usługi, lub pracowników), zgodnego z rozmieszczeniem stanowisk w miejscu pracy. Powstaje w wyniku zastosowania do wyznaczonego obszaru ścieżek wyznaczonych przez ruch produktu/pracownika w kolejnych fazach produkcji.

Wykres spaghetti przeprowadzono dla losowo wybranych przeglądów P1 lokomotyw spalinowych. Obserwacje wykazały, że podczas przeglądu P1, pięcioosobowa załoga wykonała drogę o łącznej długości 3–5 km.



Rys. 7. Cykl PDCA [20]

3.4. Narzędzie PDCA

Cykl PDCA jest czterostopniową metodą zarządzania, stosowaną do kontroli i ciągłego doskonalenia procesów i produktów. Powszechnie nazywany również cyklem Deminga „planuj – sprawdź – działaj”, jest jedną z podstawowych metod stosowanych w celu osiągnięcia skutecznego rozwiązywania problemów podczas działań usprawniających (rys. 7).

Ciągłe doskonalenie jest ważnym kierunkiem efektywnego rozwoju wszystkich rodzajów podejmowanych działań. Osiągnięcie lepszego stanu niż obecny jest głównym celem metodologii PDCA [9]. Lilrank i Kano wskazują siedem podstawowych narzędzi japońskiego podejścia do kontroli jakości: arkusze kontrolne, histogramy, diagram Pareto, diagram Ishikawy (diagram ości ryby), schematy, metoda wykresu punktowego i stratyfikacja. Wraz z modelem PDCA, narzędzia te stanowiły podstawę do rozwoju metody „kaizen” w Japonii. Przedsiębiorstwo zdecydowało się na wykorzystanie niektórych z tych narzędzi do PDCA. Ponadto, w celu usprawnienia procesu, przedsiębiorstwo wybrało kilka narzędzi zarządzania szczupłego, jak: 5S, karty standaryzacyjne i zarządzanie wizualne.

Diagram przyczyn i skutków

Diagram Ishikawy, zwany również diagramem przyczyn i skutków, diagramem ości ryby, a także diagramem drzewa błędów, służy do zilustrowania związków przyczynowo-skutkowych, pomagając w ten sposób oddzielić przyczyny od skutków danej sytuacji i dostrzec złożoność problemu.

Ishikawa opracował wykres przyczynowo-skutkowy, w którym analiza rozpoczyna się od potwierdzenia skutku (np. awarii lub innego stanu niepożądanego) i jest prowadzona w kierunku identyfikacji wszystkich możliwych przyczyn, które go spowodowały [16]. Wśród powodów wymienił 5 głównych komponentów, określanych jako tzw. 5M: *Manpower* (siła robocza), *Methods* (metody), *Machinery* (maszyny), *Materials* (materiały), *Management* (zarządzanie). Każdy z tych elementów rozkłada się na poszczególne przyczyny, które należy traktować indywidualnie jako problemy do rozwiązania.

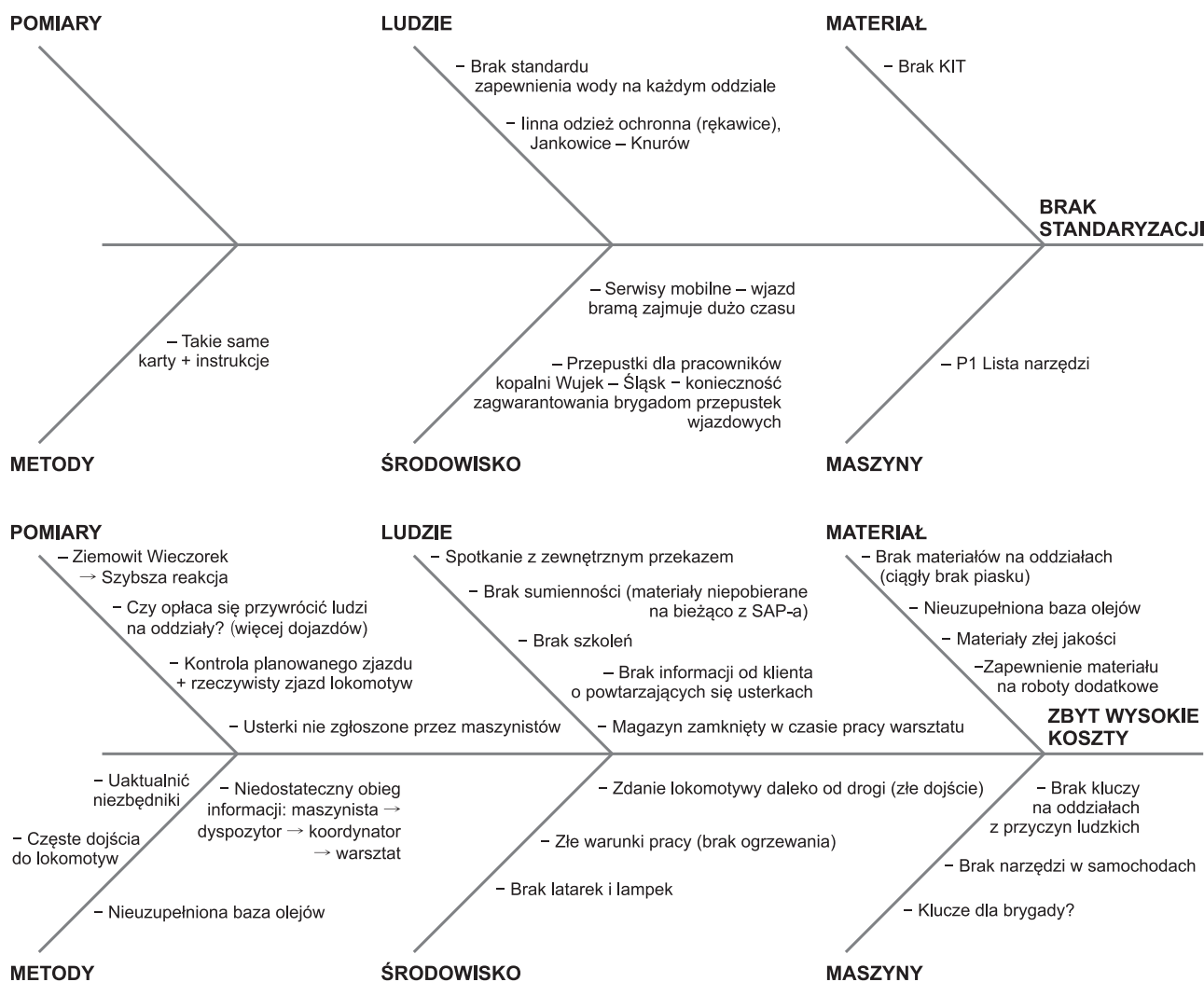
Przedsiębiorstwo stworzyło 5 diagramów Ishikawy, każdy dla innych problemów, które pojawiły się podczas wykonywania SWCS (rys. 8). Wykresy były sporządzone przez wielu pracowników organizacji, ponieważ przyczyny niepowodzeń mają zwykle swoje źródła w różnych obszarach działalności. W związku z tym, zespół składał się z osób o dużej wiedzy specjalistycznej i zaangażowanych w ujawnienie przyczyn wad spowodowanych przez siebie. Jest to bardzo przydatne do stosowania metod heurystycznych podczas budowy diagramu.

Wykorzystując wieloletnie doświadczenie, grupa projektowa spisała powody, które najprawdopodobniej miały największy wpływ na wynik. Kolejnym krokiem było przeanalizowanie, czy zidentyfikowane istotne przyczyny, rzeczywiście identyfikują badany problem. Wyniki analizy sformułowano w formie wniosków. Konsekwencją graficznej formy prezentacji przyczyn i skutków potencjalnych niepowodzeń było przejrzyste opisanie badanego problemu. Diagram umożliwił zidentyfikowanie przyczyn problemu i określenie ich wzajemnej zależności.

Metoda organizacji 5S

Metoda 5S jest metodą organizacji miejsca pracy, która wykorzystuje listę pięciu japońskich słów: *seiri* (selekcja / sortowanie), *seiton* (systematyka), *seiso* (sprzątanie), *seiketsu* (standaryzacja) i *shitsuke* (samodyscyplina / samodoskonalenie) [17]. Jest to zbiór technik i metod mających na celu stworzenie i utrzymanie miejsc pracy wysokiej jakości. Model 5S jest jednocześnie jednym z podstawowych narzędzi zarządzania szczupłego i szczupłej produkcji, ponieważ jest bezpośrednio związany z właściwą organizacją środowiska pracy i poprawą kultury organizacyjnej firmy, a także (co bardzo ważne) umożliwia zwiększenie stabilności procesów. Z tego powodu metoda 5S bardzo często jest traktowana jako kluczowa technika zarządzania szczupłego i jako pierwsza jest wdrażana w firmach produkcyjnych i usługowych, ponieważ stanowi podstawę do dalszych działań usprawniających (działania *kaizen*). W szczegółowym tłumaczeniu 5S oznacza:

- *Seiri* – przesiewanie w celu segregacji i wyrzucania,
- *Seiton* – sortowanie potrzebnych przedmiotów w uporządkowanych i wyraźnie określonych miejscach,



Rys. 8. Przykłady ości ryby wykonywane przez zespół zarządzający projektem [opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa]

- *Seiso* – zamiatanie i mycie, czyszczenie i codzienne kontrole,
- *Seiketsu* – utrzymanie stanu jak spod igły, aby często powracać do pierwszych trzech S,
- *Shitsuke* – dyscyplina, budująca dobre nawyki i motywująca do podtrzymywania usprawnień.

Przedsiębiorstwo opisane w artykule z powodzeniem wdrożyło model 5S we wszystkich obszarach produkcyjnych, co pomogło stworzyć i utrzymać zorganizowane, czyste i wydajne miejsca pracy oraz utrzymać osiągnięte usprawnienia (rys. 9, 10). Wytworzyło także poczucie odpowiedzialności pracowników za bezpieczeństwo, porządek, czystość i wydajność we własnym miejscu pracy. Metoda 5S wspiera motywowanie pracowników przez wspólną pracę nad bezpiecznym i czystym środowiskiem pracy (praca zespołowa).



Rys. 9. Przykład oznakowania podłogowego dla pojemników [fot. autora]



Rys. 10. Tablica narzędziowa z półką na skrzynki narzędziowe [fot. autora]

Karty standaryzacyjne

Można standaryzować wszystkie procesy, które spełniają dwa podstawowe warunki: są powtarzalne i można je opisać. Karty standaryzacyjne opisują najbardziej wydajne połączenia ludzi, maszyn i materiałów, niezbędne do realizacji produkcji w taki sposób, aby zminimalizować straty. Karty standaryzacyjne służą do określenia i wyjaśnienia kolejności procesów produkcyjnych i kolejności czynności wykonywanych przez pracowników w danej komórce.

W badanym przedsiębiorstwie karty standaryzacyjne były przygotowane przez wykwalifikowanych inżynierów, którzy zbierali i zapisywali dane na kilku formularzach. Ponadto, w trakcie warsztatów kierownik pierwszej linii wraz z klientami i inżynierami przygotował nowy, ulepszony proces. Karty standaryzacyjne (które w rzeczywistości stały się księgą standaryzowanego procesu utrzymania P1), składają się z czasu oczekiwania na każdy typ lokomotywy, kolejności prac i podziału pracy pomiędzy specjalizacjami. W celu zapewnienia płynności procesu, karty standaryzacyjne zawierają również standardowy wykaz stanu magazynu, z precyzyjnie dobranym rodzajem oraz ilością materiałów.

Zarządzanie wizualne

Zarządzanie wizualne odnosi się do środków, za pomocą których na pierwszy rzut oka każdy może stwierdzić, czy działalność produkcyjna przebiega normalnie, czy nie, ponieważ jest to narzędzie komunikacji, dyscypliny i motywacji. Zarządzanie wizualne stosuje się gdy normalny i nietypowy stan produkcji może być klarownie i wizualnie zdefiniowany. W zarządzaniu wizualnym wykorzystuje się proste narzędzia do identyfikacji stanu docelowego, a wszelkie odchylenia są szybko usuwane za pomocą działań korygujących.

Zarządzanie wydajnością jest narzędziem zarządzania. Proces zarządzania wydajnością zachęca do „wkładu w całość”, „orientacji na cele” oraz „zaufania i uczciwo-

ści” w codziennej pracy. Regularne, ustrukturyzowane spotkania zespołu przy tablicach prezentujących odpowiednie kluczowe wskaźniki efektywności KPI, problemy i działania mają na celu stymulowanie działań naprawczych i ciągłego doskonalenia.

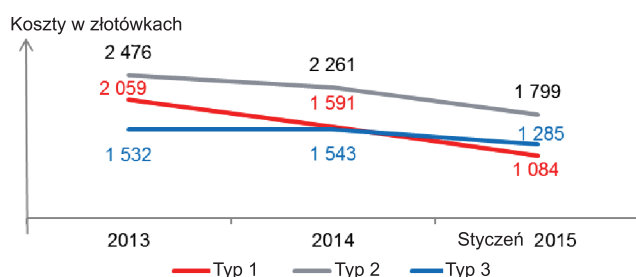
Przedsiębiorstwo wdrożyło tablice zarządzania wizualnego, które dają możliwość wizualnego zrozumienia rzeczywistego stanu wyników działalności i oceny „właściwych kwestii, z odpowiednią częstotliwością”. Daje to możliwość natychmiastowego rozróżnienia pomiędzy sytuacjami „normalnymi” i „nietypowymi” oraz poprawia proces konsolidacji zespołu i komunikację przez regularne, bezpośrednie spotkania. Spotkania poświęcone zarządzaniu wydajnością tworzą ukierunkowane forum i są mechanizmami społecznymi, służącymi do szczerej rozmowy na temat wydajności i sposobu zlikwidowania luki między celem i rzeczywistymi osiągnięciami.

Podczas procesu wdrażania, istotną była reakcja organizacji na zarządzanie wydajnością. Bez zaangażowania kierownictwa i jego odpowiedniej reakcji nie udało się osiągnąć wymaganej wydajności. Wdrożenie systemu zarządzania wizualnego pokazuje, że proces zarządzania wydajnością zapewnia elastyczność umożliwiającą szybką zmianę ukierunkowania biznesowego.

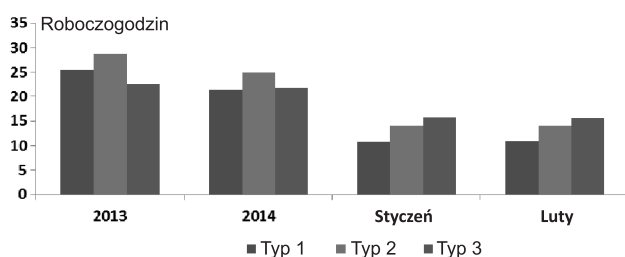
4. Efekty wdrożonych narzędzi zarządzania szczupłego

Metody VOC i CTQ były pomocne do odpowiedzi na pytanie: czego oczekuje klient od naszego produktu. Narzędzia zarządzania szczupłego, stosowane w projekcie redukcji kosztów cyklu życia lokomotyw spalinowych, przyniosły znaczące rezultaty zarówno w zakresie kosztów, jak i czasu przeglądu P1. Po zakończeniu projektu, koszty zredukowano o około 33% (rys. 11), a liczba godzin pracy spadła średnio z 27 do 13,5 (rys. 12). Wykres spaghetti wizualizuje ruchy, które zakwalifikowano jako straty. Metoda 5S skróciła czas wykonywania czynności „szukania” i „uzyskiwania” do około 5% czasu pracy pracownika. Pracownicy rozwijają wyższe poczucie jakości, produktywności i bezpieczeństwa dzięki zastosowaniu metodologii 5S. Dzięki 5S, wykresowi spaghetti, diagramowi ości ryby i standaryzacji, działalność nie tworząca wartości dodanej została prawie całkowicie zredukowana. Badania pokazują, że dzięki zastosowaniu diagramu Ishikawy możliwe jest usprawnienie procesu. Ponadto, przedsiębiorstwo wybrało i zidentyfikowało wiele przyczyn, które prawdopodobnie miałyby największy wpływ na wynik oraz przeanalizowało, czy zidentyfikowana istotna przyczyna rzeczywiście identyfikuje badany problem. Za pomocą tych metod ustalono, w jaki sposób wyeliminować najbardziej prawdopodobny proces powstawania niezgodności objętej przeglądem.

Karty standaryzacyjne przyniosły wiele korzyści dla procesu, np. udokumentowany, nowy, ulepszony proces dla wszystkich zmian i wszystkich lokalizacji, ograniczenie zmienności, łatwiejsze szkolenie nowych operatorów i stały się punktem odniesienia dla działań usprawniających.



Rys. 11. Średni koszt na P1 przed i po wprowadzeniu zarządzania szczupłego [opracowanie własne]



Rys. 12. Średnia liczba roboczogodzin w przeliczeniu na P1 przed i po wprowadzeniu zarządzania szczupłego [opracowanie własne]

5. Wnioski

W ciągu ostatnich 20 lat znaczenie transportu stopniowo rosło. Ten wzrost był głównie spowodowany ilością towarów przewożonych transportem drogowym i lotniczym. Udział pozostałych rodzajów przewozów, w tym transportu kolejowego, zmniejszył się. Przedsiębiorstwa zdały sobie sprawę, że powinny poprawić jakość swoich usług i obniżyć koszty. Aby osiągnąć zamierzony cel, wprowadziły specjalne narzędzia.

W tym kontekście można powiedzieć, że narzędzia zarządzania szczupłego powinny być podstawowymi i najważniejszymi narzędziami w celu uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku kolejowym, szczególnie przez obniżenie kosztów utrzymania taboru kolejowego. Dodatkowo aktualnym celem powinno być zebranie i ciągła aktualizacja oczekiwań klientów.

Wybrane wyniki badań przedstawione w artykule są mocnymi dowodami na to, że takie narzędzia jak LCC, VOC, PDCA lub 5S maksymalizują wartość dla klienta, jednocześnie minimalizując ilość strat przy zachowywaniu liczby zadowolonych klientów i pracowników.

Niniejszy artykuł potwierdza również, że bardzo ważne jest, aby przedsiębiorstwa ustandaryzowały

wszystkie procesy, które spełniają dwa podstawowe warunki: są powtarzalne i można je opisać.

Zarządzanie wizualne odnosi się do środków, za pomocą których na pierwszy rzut oka każdy może stwierdzić, czy działania produkcyjne przebiegają normalnie, czy nie i czy system opiera się na komunikacji, dyscyplinie i narzędziu motywującym.

Wdrożone narzędzia zarządzania szczupłego wywarły pozytywny wpływ. Przedsiębiorstwa znaną oczekiwania klientów, przeglądy taboru są tańsze i szybsze, czynności, które były czystymi stratami zredukowano, pracownik przestał marnować czas na poszukiwania, a praca jest wydajna i bezpieczna. Ulepszone karty standaryzacyjne ułatwiają szkolenie nowych operatorów, sprawiają, że kultura pracy staje się bardziej zdyscyplinowana, a zaangażowani członkowie zespołu stale doskonalą ten proces.

Literatura

1. Abdulmalek F.A., Rajgopal J.: *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study*, International Journal of Production Economics, 107 (1), 223–236.
2. Cykl DPCA, WWW <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PDCA-Multi-Loop.png>, [dostęp 13.02.2020].
3. Diagram spaghetti, WWW <https://www.manufacturingterms.com/Spaghetti-Diagram-Definition.html> [dostęp 13.03.2020].
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/110 WE z dnia 16 grudnia 2008 r. zmieniająca dyrektywę 2004/49/WE w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych, Dz.Urz. UE L345 z 23.12.2008.
5. Gołaś H., Mazur A.: *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
6. Jeffrey K.: *The Toyota way*, Mc Graw-Hill, USA, 2004.
7. Kosieradzka A., Krupa A.: *Wdrażanie standaryzacji pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 2009, nr 1, s. 39–40.
8. Lisiecka K.: *Kreowanie jakości*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2002.
9. Monden Y.: *Toyota Production System-An integrated approach to Just in Time*, Engineering and Management Press, Norcross, Georgia, 1998.
10. Moszczyński W.: *Mity i fakty na temat metod kompleksowego zarządzania jakością*, WWW <http://manager.nf.pl/mity-i-fakty-na-temat-metod-kompleksowego-zarzadzania-jakoscia,10739,6> (2009.04.06).
11. Pleniewicz P.: *The Executive Guide To Business Process Management: How to Maximize 'Lean' and 'Six Sigma' Synergy and see Your Bottom Line explode*, iUniverse, Inc, New York Loomington, 2010.

12. PN-EN ISO 9000:2006: System zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
13. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 445/2011 z dnia 10 maja 2011 r. w sprawie certyfikacji podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie w zakresie obejmującym wagony towarowe, Dz.Urz. UE L122 z 11.5.2011.
14. Saxena A.: *Enterprise Contract Management: A practical Guide to Successfully Implementing ECM Solution*, J. Ross Publishing, 2008.
15. Shankar R.: *Process improvement using Six Sigma: A DMAIC Guide*, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 2009.
16. Szczęśniak B., Wapienik Ł., Zasadzień M.: *Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie, 2012 z. 63a.
17. Transport – wyniki działalności w 2013 r., GUS, Warszawa 2014, s. 10.
18. Wawak S.: *Zarządzanie jakością – podstawy, systemy i narzędzia*, One Press, 2011.
19. Willon B.S.: *Life Cycle Costing for Engineers*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton (US), 2009.
20. Womack J.P., Jones D.T.: *Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your Corporation*, Simon & Schuster UK Ltd, London, 1996.