

**IRENA JALMUŻNA**

**Wydział Organizacji i Zarządzania  
Politechnika Łódzka**

**DAWID SZKOPIŃSKI**

**Katedra Mikroekonomii  
Uniwersytet Łódzki**

## **INNOWACJA PROCESOWA – STUDIUM PRZYPADKU**

*W artykule poruszono tematykę zastosowania koncepcji SMED w reorganizacji procesu produkcyjnego jako innowacji procesowej. W części teoretycznej opracowania zidentyfikowano cechy charakterystyczne procesu, a w części empirycznej ocenie poddano rozwiązania organizacyjne wpływające na wzrost jego efektywności. Otrzymane wyniki składają się do wniosku, iż SMED stanowi innowacyjne narzędzie służące podnoszeniu efektywności procesu wytwórczego, przy zerowych kosztach implementacji.*

### **1. Wprowadzenie**

Każde z przedsiębiorstw powinno dążyć do doskonałości, jednym z kierunków jej osiągania jest wprowadzanie innowacji procesowych połączone z ciągłym doskonaleniem, które pozwala na redukcję występujących pod każdą postacią strat, a także pojawiającego się marnotrawstwa. Innowacje procesowe charakteryzują się różnymi rozwiązaniami. To również ciągłe ujednolicanie funkcjonujących metod i rozwiązań. W niniejszym opracowaniu autorzy założyli przedstawienie implementacji podejścia SMED w badanym procesie produkcyjnym, jako narzędzia, w oparciu o które można doskonalić działanie procesów realizacyjnych.

Wprowadzanie innowacji procesowych, wymaga skonkretyzowanych celów, powoduje wzrost standardów bezpieczeństwa przy relatywnie niskich kosztach. Założeniem opracowania jest zatem wskazanie, że innowacyjną koncepcją zorientowaną na wyeliminowanie marnotrawstwa i na skracanie cyklu realizacji zamówienia w fazie realizacji procesu jest Lean Management, ponieważ jego wdrożenie przyczynia się do podniesienia sprawności realizacji procesów produkcyjnych oraz logistycznych w przedsiębiorstwie, które nie stosowało takiego

podejścia. Dzięki instrumentom *Lean*, również SMED, przedsiębiorstwo staje się bardziej innowacyjne, ponieważ może stawać się elastyczniejsze, wytwarzać nowe produkty wyższej jakości, zmniejszając przy tym koszty poprzez lepsze wykorzystanie zasobów.

## 2. Przesłanki literaturowe

Całkowite wykorzystanie w przedsiębiorstwie koncepcji *Lean* pozwala na zharmonizowanie i usprawnienie przepływów materiałowych i informacyjnych, co skutkuje wyeliminowaniem czynności, które nie tworzą wartości produktu w skali całej jednostki. Zastosowanie SMED pozwala na skrócenie cyklu produkcyjnego, ograniczenie poziomu zapasów oraz zwiększenie wydajności [6].

SMED pierwotnie był zastosowany w 1950 r. przez Shingeo Shingo do wymiany narzędzia w ciągu jednocyfrowej liczby minut, stanowi metodę diagnozowania i usprawniania procesów produkcyjnych w przemyśle przetwórczym.

Kluczową kwestią stosowania metod usprawniania procesów produkcyjnych oraz metod zarządzania zapasami produkcyjnymi jest znalezienie optimum kosztów produkcji. Opóźnienia zaplanowanego procesu produkcyjnego często wynikają z różnych zakłóceń, w tym awarii maszyn i urządzeń, czy nieprzewidzianych komplikacji występujących podczas przebrojenia. Na to mogą nakładać się opóźnienia spowodowane problemami w systemie planowania.

Organizatorzy procesów produkcyjnych zwracają uwagę na to, że każde przebrojenie daje się skrócić. Mając na uwadze takie podejście, należy dokładnie przeanalizować czynności składające się na taki proces, należą do nich:

- przygotowanie demontażu, weryfikacja materiałów,
- demontaż i montaż narzędzi,
- centrowanie i ustawianie wymiarów i innych parametrów,
- wykonanie próbnych egzemplarzy, półfabrykatów [2].

W tego typu analizach niezmiernie przydatne staje się podejście SMED, ponieważ oferuje odpowiednią metodykę postępowania i pozwala usprawniać procesy, jest świetną metodą organizacji pracy i produkcji, gdyż w wyniku jej zastosowania można wyeliminować działania czy czynności, które nie dostarczają wartości klientowi. Shingo zaliczył do nich nadmierną produkcję, braki, zbędne zapasy, niewłaściwe metody wytwarzania, niepotrzebne przemieszczenia (ludzi, materiałów, informacji), zbędne czynności czy przestoje [1].

Istotny poziom kosztów procesów przebrojenia powoduje, że przedsiębiorstwa zwiększają wielkość partii produkcyjnych, tak by w ten sposób ograniczyć ich liczbę. Potrzeba proponowania klientom różnych towarów, przystosowanych do ich indywidualnych potrzeb, wyraźnie stanowi ograniczenie dla możliwości zastosowania typu masowego i wielkoseryjnego, które charakteryzują się:

- umiarkowanym asortymentem produktów,
- dużym podobieństwem oferowanych produktów,
- małą elastycznością produkcji związaną z wysoką specjalizacją,
- występowaniem dużej liczby zapasów produkcji w toku [3].

Dzięki wdrożeniu SMED, można zminimalizować występowanie negatywnych skutków, wynikających z masowej produkcji. Łączy się to w znacznym stopniu ze zminimalizowaniem czasu przebrojenia stanowiska. Wytwarzanie niewielkich partii asortymentu można uzyskać poprzez wdrożenie metody SMED, przy czym można zyskać również:

- podwyższenie elastyczności,
- zredukowanie ilości zapasów,
- skrócenie czasu realizacji zamówienia klienta,
- zwiększenie wydajności maszyn i pracowników przez ograniczenie przesto-  
jów [5].

Ponadto, poprzez wprowadzenie SMED, można dodatkowo uzyskać uproszczenie procedur przebrojenia i zwiększenie bezpieczeństwa, co wiąże się ze:

- zmniejszeniem ryzyka wypadku,
- zminimalizowaniem wielkości zapasów i zwiększeniem przestrzeni roboczej,
- standaryzacją narzędzi do przebrojenia [5].

Kluczowym aspektem wdrażania SMED jest możliwość zrealizowania celu przedsiębiorstwa jakim jest wzrost elastyczności asortymentowej i możliwość konkurowania czasem. Czas przebrojenia decyduje o elastyczności systemu produkcyjnego, ponieważ im krótszy czas, tym mniejsze występują straty w oczekiwaniu na przebrojenie i ustawienie maszyn, więc można mniejsze partie produktów produkować opłacalnie [4].

Istotą działań w ramach SMED jest redukcja czasu trwania czynności wewnętrznych i zamiana ich w czynności zewnętrzne, a następnie usprawnianie ich przebiegu. Prawidłowe ustawienie wszystkich parametrów sprzętu jest jednym z najcięższych zadań w operacji przebrojenia. W metodzie tradycyjnej czas, jaki jest potrzebny na próbne serie i korekty, zależy od umiejętności operatora. Etap ten zajmuje blisko połowę całkowitego czasu operacji.

Próbując ocenić możliwości zastosowania metody we współczesnych firmach, należy dostrzec jej skuteczność mierzoną rezultatami osiąganymi przez przedsiębiorstwa japońskie. Jej walorem jest też prostota, jasne założenia, a przede wszystkim odwołanie się do wiedzy, doświadczenia i kreatywności wszystkich pracowników, co w kontekście nowego podejścia do zasobów ludzkich (jako kapitału) wciąż potwierdza aktualność tego instrumentu zarządzania. Koncepcja ta jest traktowana jako źródło inspiracji do poszukiwania nieodkrytych jeszcze sposobów zwiększenia produktywności, innowacyjności i efektywności współczesnych przedsiębiorstw [6].



### 3. Badany proces

Mając na uwadze fakt, że w badanym przedsiębiorstwie nie prowadzono dotychczas podejścia SMED, w związku z tym podjęto próbę implementacji tejże metodyki do analizy i usprawnienia procesu przezbrojenia maszyny do napelniania, zakręcania i etykietowania butelek, znajdującej się na jednej linii produkcyjnej badanego przedsiębiorstwa.

Analiza i usprawnienie procesu przezbrojenia polega na obliczeniu czasu wykonywanych czynności, podzieleniu czynności na zewnętrzne i wewnętrzne, usunięciu lub ograniczeniu czasu czynności zewnętrznych, przeprowadzeniu statystyki czasu wykonywanych czynności oraz narysowaniu wykresu Gantta dla wizualizacji czasu przezbrojenia maszyny. Mając na uwadze przedstawione kroki we wdrażaniu podejścia SMED, najpierw przedstawiono cały proces produkcyjny, który składa się z 5 etapów:

- nałożenia pustych butelek na element obrotowy taśmy,
- napelnienia butelek płynem,
- zakręcenia ręcznego butelek,
- etykietowania,
- ułożenia gotowych butelek w pudełka kartonowe.

Na rysunku 1 zamieszczono schemat przezbrajanej maszyny.



Rys. 1. Schemat przezbrajanej maszyny

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonej analizy.

Maszyna, przedstawiona na rysunku 1 jest przeznaczona do nalewania, zakręcania i etykietowania butelek z płynem hamulcowym. Przy produkcji butelek z płynem hamulcowym proces produkcyjny różni się tym, że zakręcanie butelek jest automatyczne (butelki zakręcane są przez maszynę do zakręcania), wtedy wydajność produkcyjna wynosi 1900 szt./h 600 szt./h, antyparą 420 szt./h, zaś

średnia wydajność maszyny przy napełnianiu butelek z żelam do WC wynosi 350 szt./h, a maksymalna wydajność wynosi 900 szt./h.

W przypadku przebrojenia maszyny do nalewania żelu do WC przebrojenie jest stosunkowo krótsze ze względu na to, że nie jest konieczne rozmontowanie tłoków nalewarki i dokładne ich czyszczenie. Z informacji zdobytych od mistrza produkcji średni czas przebrojenia wynosi od 2 do 3 godzin, a tych przebrojeń jest średnio w ciągu tygodnia aż 11. Co powoduje, że urządzenie jest wyłączone z ruchu na przestrzeni tygodnia przez 22-33 godzin.

Przeprowadzenie przedstawionych obserwacji doprowadziło członków zespołu do wniosku, że w analizowanym procesie występuje bardzo dużo strat. Mając na uwadze przedstawiony problem, zastosowano podejście SMED w celu ich eliminacji i podniesienia innowacyjności przedstawionego procesu.

### 3.1. Przebieg przebrojenia

Mając na uwadze powyższe przesłanki, wdrażanie niniejszego podejścia rozpoczęto od przedstawienia zasad szybkiego demontażu i montażu. Opierają się one na działaniach, tj.:

- dzielenie operacji przebrajania maszyny na zewnętrzne i wewnętrzne; zewnętrzne mogą być wykonywane w czasie ruchu maszyny, a wewnętrzne wymagają jej zatrzymania,
- przekształcenie operacji wewnętrznych na zewnętrzne,
- ulepszenie sposobu mocowań, usuwając zwłaszcza połączenia skręcane,
- całkowite ulepszenie operacji regulowania narzędzi, poprzez wprowadzenie regulacji wstępnej.

Mając na uwadze przedstawione kroki, przystąpiono do obserwacji przebrojenia. W ramach prowadzonych badań wykorzystano obserwacje własne, nagrania video i wywiad z pracownikami.

Przebrojenie rozpoczęło się w październiku 2013 roku, o godzinie 14.10, a zakończyło o 15.21. Wykonywały je 2 osoby. Szczegółowy podział czynności wraz z czasem ich wykonywania podczas przebrojenia przedstawiony został za pomocą tabel stworzonych w Excel'u – tabele 1 i 2.

Tabela 1. Czynności pracownika 1 wraz z czasem ich trwania

	Czynności	Czas czynności (s)
1	Przygotowanie odpowiednich nalewaków	60
2	Odkręcenie uchwyty	50
3	Przyniesienie mniejszych chwytaków	38
4	Wymiana nalewaków	177
5	Przyniesienie kilku butelek z palet	37
6	Przyniesienie klucza do podwyższenia prowadnicy górnej butelek	10
7	Odkręcenie i podwyższenie górnej prowadnicy	53
8	Podwyższenie nalewaków do odpowiedniej wysokości butelek	44
9	Ustawienie butelek na taśmie w celu poprawnego ustawienia rozstawu nalewaków	35
10	Zwężenie prowadnic na taśmie przed nalewakami	42
11	Zamontowanie uchwyty oraz ich podwyższenie	156
12	Ustawienie "stopu" butelek i zwężenie prowadnic za nalewakami	23
13	Rozstawienie (ustawienie) nalewaków według rozstawu butelek	49
14	Rozstawienie (ustawienie) chwytaków według rozstawu butelek	64
15	Włączenie maszyny w celu uchwycenia butelki (ustawienie stopu)	67
16	Sprawdzenie rozstawu nalewaków	124
17	Napełnienie zbiornika głównego wodą nr 1	60
18	Płukanie maszyny (nalewaków) nr 1	20
19	Przyniesienie kartonu zabezpieczającego przed wylaniem się wody poza maszynę	25
20	Płukanie maszyny (nalewaków) nr 2	21
21	Pójście po szmatkę	342
22	Napełnienie zbiornika głównego wodą nr 2	94
23	Płukanie maszyny (nalewaków) nr 3	205
24	Odlączenie węża i zlania pozostałości wody do wiaderka	43
25	Wylanie pozostałości wody z nalewaków	17
26	Włączenie taśmy	2
27	Sprawdzenie taśmy, rozstawienia nalewaków i chwytaków	170
28	Diagnostyka nie działającej maszyny	52
29	Wyjęcie kartonu z maszyny i wyrzucenie go	36
30	Przyniesienie klucza do dokręcenia fotokomórki	137
31	Dokręcenie śruby	23
32	Sprawdzenie działania fotokomórki przy nalewakach	12
33	Kalibracja chwytaków i nalewaków	62
34	Odlączenie węża i zlania pozostałości wody do wiaderka	43
35	Podłączenie węża do maszyny	5
36	Podłączenie węża do pompy	19
37	Sprawdzenie zaworów	48
38	Nadzorowanie podłączenia węża do zbiornika z plynem	114
39	Napełnienie zbiornika głównego plynem	184
40	Napełnienie wstępne butelek	25
41	Wylanie z butelek płynu (w tym ustawienie butelek pod nalewaki)	24
42	Napełnienie wstępne butelek	25
43	Wylanie z butelek płynu (w tym ustawienie butelek pod nalewaki)	41
44	Napełnienie wstępne butelek	21
45	Ustawienie prowadnic taśmy przed nalewakami przy obrotowym elemencie taśmy	275
46	Podstawienie stołu pod element obrotowy taśmy	5
47	Przyniesienie na stół pudła paletowego z butelkami	24
48	Sprawdzenie prowadnic taśmy	62
49	Kalibracja etykiarki i prowadnic taśmy	472
50	Napełnienie butelek plynem	25
51	Poprawa ustwienia rynienki do ucinania żelu	46
52	Ustawienie butelek na elemencie obrotowym taśmy	20
53	Napełnienie butelek plynem (sprawdzenie rynienki)	88
54	Nalożenie nakrętek na napełnione butelki	16
55	Ustawienie butelek na elemencie obrotowym taśmy	35
56	Ostateczne sprawdzenie poprawnego funkcjonowania nalewaków	123
57	Nalożenie nakrętek na napełnione butelki	26
58	Ostateczne sprawdzenie ustawień prowadnic taśmy przed etykiarką	540
59	Ostateczna kalibracja etykiarki	145
	Suma	4801
	Czas w minutach	80,02

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Czynności pracownika 2 wraz z czasem ich trwania

	Czynności	Czas czynności (s)
1	Sprawdzenie przewodnic na taśmie przed etykietarką	110
2	Przyniesienie klucza imbusowego	10
3	Demontaż gniazda do zakręcania nakrętek	67
4	Przyniesienie klucza	14
5	Demontaż gniazda	23
6	Przyniesienie butelki do regulacji wysokości w gnieździe	15
7	Ustawienie wysokości gniazda	63
8	Regulacja przewodnic taśmy	69
9	Przyniesienie klucza imbusowego	38
10	Odkręcenie szczotki z taśmy	16
11	Odłożenie szczotki do szafki na narzędzia	11
12	Regulacja przewodnic taśmy przed i za gniazdem	193
13	Regulacja etykietarki	200
14	Sprawdzenie zbiornika głównego maszyny	13
15	Podłączenie węża do pompy i z pompy do maszyny	48
16	Wylanie z pompy i maszyny pozostałego płynu	115
17	Sprawdzenie i odkręcenie zaworów	51
18	Oczyszczenie zbiornika głównego z osadu	44
19	Podstawienie wiadra do zlewek po płukaniu maszyny	10
20	Nadzorowanie płukania nalewaków oraz czyszczenie zbiornika	150
21	Szukanie szmatki	127
22	Płukanie i czyszczenie maszyny	111
23	Przyniesienie maszyny zakręcającej nakrętki	22
24	Podłączenie okablowania maszyny zakręcającej	122
25	Przyniesienie klucza z szafki	90
26	Rozkręcenie i wymiana nakładki (klucza) zakręcającej nakrętki	73
27	Odłożenie kluczy do szafki	15
28	Rozmontowanie złych przewodnic za etykietarką do elementu obrotowego taśmy	42
29	Zamontowanie dobrych przewodnic za etykietarką	80
30	Kalibracja wagi	137
31	Regulacja zamontowanych przewodnic	101
32	Przyniesienie pudełek na nakrętki i rozpakowanie palet z butelkami	255
33	Podłączenie węża pompy do zbiornika z płynem	105
34	Włączenie pompy	31
35	Napełnienie zbiornika głównego maszyny	136
36	Przyniesienie wiadra do wylania płynu z butelek	75
37	Wylanie płynu z butelek	130
38	Sprawdzanie poprawnego napełniania zbiornika głównego	510
39	Ustawienie rynienki do przykręcenia	36
40	Szukanie/przyniesienie kluczy do rynienki	155
41	Przykręcenie rynienki	42
42	Sprawdzenie poprawności ustawienia rynienki	117
43	Napełnienie nakrętkami pudełka	144
44	Zakręcenie napełnionych butelek	159
45	Kalibracja wagi	303
46	Ostateczne sprawdzenie ustawień przewodnic taśmy przed etykietarką	114
47	Zakręcenie napełnionych butelek	120
48	Ostateczna kalibracja etykietarki	189
		4801
		80,02

Źródło: opracowanie własne.



Czas każdej czynności został zmierzony na podstawie nakręconego filmu. Z przeprowadzonej analizy wynika, że czas przebrojenia przez pracownika 1 i 2 jest identyczny i wynosi 4801 s.

### 3.2. Podział analizowanych czynności wg metodyki SMED

W podejściu SMED rozróżnia się dwa typy czynności wykonywanych podczas przebrojenia, są to czynności zewnętrzne i wewnętrzne. Czynności wewnętrzne są przeprowadzane na wyłączonej maszynie, a zewnętrzne są to czynności, które można wykonać w czasie pracy maszyny. Z powodu wyłączonej maszyny w trakcie całego przebrojenia wszystkie czynności przedstawione w tabelach 1 i 2 zakwalifikowano jako wewnętrzne. Z analizy rodzajów omawianych czynności wynika, że część z nich może być przekształcona na czynności zewnętrzne. W związku z tym, w tabelach 3 i 4 wskazano poprzez oznaczenie literą „W” czynności wewnętrzne, a „Z” czynności które można zamienić na zewnętrzne. Zapisem „W→Z” oznaczono przekształcenie czynności wewnętrznych na zewnętrzne.

Kolejnym etapem było zakwalifikowanie poszczególnych czynności do siedmiu kategorii wynikających z występujących strat:

- Wymiana, oznaczenie „W”;
- Regulacja, oznaczenie „R”;
- Transport, oznaczenie „T”;
- Czekanie, oznaczenie „C”;
- Czyszczenie, oznaczenie „CZ”;
- Problem, oznaczenie „P”;
- Przygotowanie, oznaczenie „PRZ”.

Przydział poszczególnych kategorii analizowanym czynnościom zamieszczono w tabeli 3 i 4.

Udział procentowy poszczególnych czynności wykonywanych przez operatorów został przedstawiony na wykresie 1 dla operatora 1 i wykresie 2 dla operatora 2.



Tabela 3. Czynności pracownika 1 przekształcenie czynności wewnętrznych na zewnętrzne

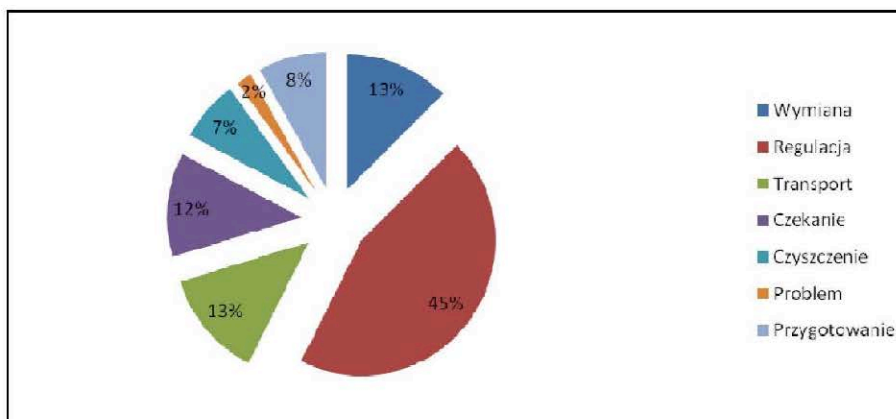
	Czynności	W	W→Z	Rodzaj Czynności
1	Przygotowanie odpowiednich nalewaków	W	Z	PRZ
2	Odkręcenie uchwytów	W		PRZ
3	Przyniesienie mniejszych chwytaków	W	Z	T
4	Wymiana nalewaków	W		W
5	Przyniesienie kilku butelek z palet	W	Z	T
6	Przyniesienie klucza do podwyższenia przewodnicy górnej butelek	W	Z	T
7	Odkręcenie i podwyższenie górnej przewodnicy	W		R
8	Podwyższenie nalewaków do odpowiedniej wysokości butelek	W		R
9	Ustawienie butelek na taśmie w celu poprawnego ustawienia rozstawu nalewaków	W		R
10	Zwężenie przewodnic na taśmie przed nalewakami	W		R
11	Zamontowanie uchwytów oraz ich podwyższenie	W		W
12	Ustawienie "stopu" butelek i zwężenie przewodnic za nalewakami	W		R
13	Rozstawienie (ustawienie) nalewaków według rozstawu butelek	W		R
14	Rozstawienie (ustawienie) chwytaków według rozstawu butelek	W		R
15	Włączenie maszyny w celu uchwycenia butelki (ustawienie stopu)	W		R
16	Sprawdzenie rozstawu nalewaków	W		C
17	Napełnienie zbiornika głównego wodą nr 1	W		C
18	Płukanie maszyny (nalewaków) nr 1	W		CZ
19	Przyniesienie kartonu zabezpieczającego przed wylaniem się wody poza maszynę	W	Z	T
20	Płukanie maszyny (nalewaków) nr 2	W		CZ
21	Pójście po szmatkę	W	Z	T
22	Napełnienie zbiornika głównego wodą nr 2	W		C
23	Płukanie maszyny (nalewaków) nr 3	W		CZ
24	Odlączenie węża i zlania pozostałości wody do wiaderka	W		CZ
25	Wylanie pozostałości wody z nalewaków	W		CZ
26	Włączenie taśmy	W		PRZ
27	Sprawdzenie taśmy, rozstawienia nalewaków i chwytaków	W		PRZ
28	Diagnostyka nie działającej maszyny	W		P
29	Wyjęcie kartonu z maszyny i wyrzucenie go	W		P
30	Przyniesienie klucza do dokręcenia fotokomórki	W	Z	T
31	Dokręcenie śruby	W		R
32	Sprawdzenie działania fotokomórki przy nalewakach	W		C
33	Kalibracja chwytaków i nalewaków	W		W
34	Odlączenie węża i zlania pozostałości wody do wiaderka	W		CZ
35	Podłączenie węża do maszyny	W		W
36	Podłączenie węża do pompy	W		W
37	Sprawdzenie zaworów	W		PRZ
38	Nadzorowanie podłączenia węża do zbiornika z plynem	W	Z	C
39	Napełnienie zbiornika głównego plynem	W		W
40	Napełnienie wstępne butelek	W		C
41	Wylanie z butelek płynu (w tym ustawienie butelek pod nalewaki)	W		R
42	Napełnienie wstępne butelek	W		C
43	Wylanie z butelek płynu (w tym ustawienie butelek pod nalewaki)	W		R
44	Napełnienie wstępne butelek	W		C
45	Ustawienie przewodnic taśmy przed nalewakami przy obrotowym elemencie taśmy	W		R
46	Podstawienie stołu pod element obrotowy taśmy	W	Z	T
47	Przyniesienie na stół pudła paletowego z butelkami	W	Z	T
48	Sprawdzenie przewodnic taśmy	W		PRZ
49	Kalibracja etykiarki i przewodnic taśmy	W		R
50	Napełnienie butelek plynem	W		C
51	Poprawa ustawienia rylniki do ucinania żelu	W		R
52	Ustawienie butelek na elemencie obrotowym taśmy	W		C
53	Napełnienie butelek plynem (sprawdzenie rylniki)	W		R
54	Nałożenie nakrętek na napełnione butelki	W		C
55	Ustawienie butelek na elemencie obrotowym taśmy	W	Z	C
56	Ostateczne sprawdzenie poprawnego funkcjonowania nalewaków	W		R
57	Nałożenie nakrętek na napełnione butelki	W		C
58	Ostateczne sprawdzenie ustawień przewodnic taśmy przed etykiarką	W		R
59	Ostateczna kalibracja etykiarki	W		R

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Czynności pracownika 2 przekształcenie czynności wewnętrznych na zewnętrzne

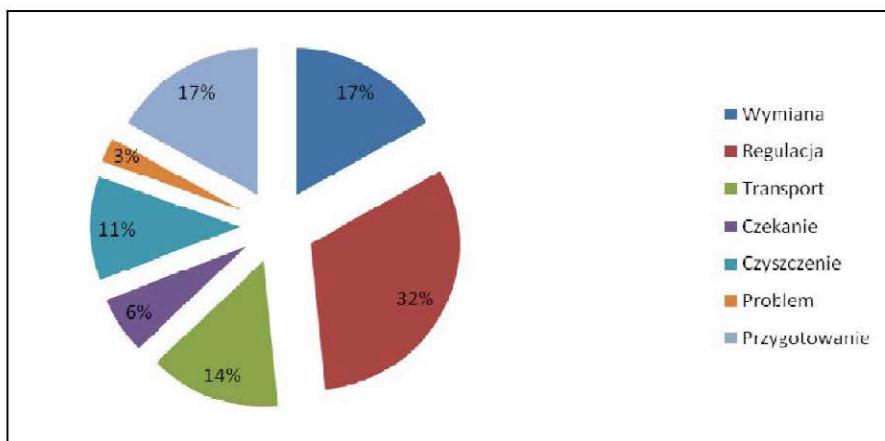
	Czynności	W	W→Z	Rodzaj czynności
1	Sprawdzenie przewodnic na taśmie przed etykieciarką	W		PRZ
2	Przyniesienie klucza imbusowego	W	Z	T
3	Demontaż gniazda do zakręcania nakrętek	W		W
4	Przyniesienie klucza	W	Z	T
5	Demontaż gniazda	W		W
6	Przyniesienie butelki do regulacji wysokości w gnieździe	W	Z	T
7	Ustawienie wysokości gniazda	W		R
8	Regulacja przewodnic taśmy	W		R
9	Przyniesienie klucza imbusowego	W	Z	T
10	Odkręcenie szczotki z taśmy	W		W
11	Odłożenie szczotki do szafki na narzędzia	W		T
12	Regulacja przewodnic taśmy przed i za gniazdem	W		R
13	Regulacja etykieciarki	W		R
14	Sprawdzenie zbiornika głównego maszyny	W		PRZ
15	Podłączenie węży do pompy i z pompy do maszyny	W		W
16	Wylanie z pompy i maszyny pozostałego płynu	W	Z	CZ
17	Sprawdzenie i odkręcenie zaworów	W		W
18	Oczyszczenie zbiornika głównego z osadu	W		CZ
19	Podstawienie wiadra do zlewek po płukaniu maszyny	W	Z	C
20	Nadzorowanie płukania nalewaków oraz czyszczenie zbiornika	W		CZ
21	Szukanie szmatki	W	Z	P
22	Płukanie i czyszczenie maszyny	W		CZ
23	Przyniesienie maszyny zakręcającej nakrętki	W	Z	T
24	Podłączenie okablowania maszyny zakręcającej	W		W
25	Przyniesienie klucza z szafki	W	Z	T
26	Rozkręcenie i wymiana nakładki (klucza) zakręcającej nakrętki	W		W
27	Odłożenie kluczy do szafki	W		C
28	Rozmontowanie złych przewodnic za etykiecarką do elementu obrotowego taśmy	W		W
29	Zamontowanie dobrych przewodnic za etykieciarką	W		W
30	Kalibracja wagi	W		R
31	Regulacja zamontowanych przewodnic	W		R
32	Przyniesienie pudełek na nakrętki i rozpakowanie palet z butelkami	W	Z	T
33	Podłączenie węża pompy do zbiornika z płynem	W		W
34	Włączenie pompy	W		PRZ
35	Napełnienie zbiornika głównego maszyny	W		W
36	Przyniesienie wiadra do wylania płynu z butelek	W	Z	T
37	Wylanie płynu z butelek	W		CZ
38	Sprawdzanie poprawnego napełniania zbiornika głównego	W		PRZ
39	Ustawienie rynienki do przykręcenia	W		R
40	Szukanie/przyniesienie kluczy do rynienki	W	Z	T
41	Przykręcenie rynienki	W		W
42	Sprawdzenie poprawności ustawienia rynienki	W		R
43	Napełnienie nakrętkami pudełka	W	Z	PRZ
44	Zakręcenie napełnionych butelek	W		C
45	Kalibracja wagi	W		R
46	Ostateczne sprawdzenie ustawień przewodnic taśmy przed etykieciarką	W		R
47	Zakręcenie napełnionych butelek	W		C
48	Ostateczna kalibracja etykieciarki	W		R

Źródło: opracowanie własne.



Wykres 1. Udział poszczególnych czynności w procesie przebrojenia wykonywanego przez operatora 1

*Źródło: opracowanie własne.*



Wykres 2. Udział poszczególnych czynności w procesie przebrojenia wykonywanego przez operatora 2

*Źródło: opracowanie własne.*

Z analizy danych przedstawionych na wykresach 1 i 2 wynika, że czynności związane z transportem i czekaniem generują odpowiednio od 13% dla operatora pierwszego do 17% dla operatora drugiego. Straty czasu podczas przebrojenia związane z transportem wynikają z wszelkiego rodzaju przemieszczania się operatorów po sprzęt oraz materiały, w następstwie czego wydłuża się czas oczekiwania (bezczynności), a przebrojenie jest wykonywane dłużej. W związku z tym efektywny czas na produkcję również ulega skróceniu, co za tym idzie spada efektywność linii.



W ramach badań założono, że eliminacja czynności należących do kategorii transport wpłynie na skrócenie czasu eliminacji oczekiwania, a przez to podniesie sprawność procesu i jego innowacyjność w badanym zakładzie. W związku z tym w tabeli 5 i 6 zostały zaprezentowane propozycje poprawy istniejącego stanu.

Tabela 5. Przekształcenie czynności pracownika 1 z wewnętrznych na zewnętrzne

Czynność	Numer czynności w tabeli	Propozycja zmiany czynności wewnętrznej na zewnętrzną
Przygotowanie odpowiednich nalewaków	1	Czynność tę można przekształcić na zewnętrzną, ponieważ pracownik może przygotować nalewaki do wymiany przed rozpoczęciem przezbrojenia. Rozpoczynając przezbrojenie, nalewaki będą przygotowane i będzie można je pobrać bez zbędnego chodzenia.
Przyniesienie mniejszych chwytaków	3	Czynność tą można przekształcić na zewnętrzną, ponieważ tak jak w przypadku nalewaków, pracownik może przynieść chwytaki, przed rozpoczęciem przezbrojenia. Rozpoczynając przezbrojenie, chwytaki będą przygotowane przy maszynie, gotowe do pobrania.
Przyniesienie kilku butelek z palet	5	Czynność ta powinna być zrobiona przed rozpoczęciem przezbrojenia. Wiedząc o tym, że butelki są niezbędne do regulacji nalewaków i chwytaków powinny być przygotowane wcześniej.
Przyniesienie klucza do podwyższenia prowadnicy górnej butelek	6	Podobnie jak w przypadku przyniesienia nalewaków, chwytaków i butelek tę czynność można wykonać przed przystąpieniem do przezbrojenia.
Przyniesienie kartonu zabezpieczającego przed wylaniem się wody poza maszynę	19	Pracownicy, znając czynności wchodzące w skład przezbrojenia maszyny oraz polegając na swoim doświadczeniu, powinni wcześniej przynieść karton.
Pójście po szmatkę	21	Szmatkę do wyczyszczenia zbiornika głównego należy przygotować przed rozpoczęciem przezbrojenia.
Diagnostyka niedziałającej maszyny	28	Podczas przezbrojenia wstąpił problem z uruchomieniem próbnym maszyny, czynność ta została wyeliminowana, ponieważ jest to zdarzenie niezwykle rzadko występujące.

Wyjęcie kartonu z maszyny i wyrzucenie go do kosza	29	Podczas przezbroyenia stanowisko pracy należy utrzymywać w czystości zgodnie z zasadami 5S, dlatego nie należy dopuścić do zaśmiecenia linii „resztkami” po opakowaniu transportowym.
Przyniesienie klucza do dokręcenia fotokomórki	30	Pracownik powinien wiedzieć o tym, że regulując rozmieszczenie nalewaków fotokomórka zabezpieczająca pracę nalewaków może zablokować działanie maszyny i będzie potrzebny klucz do dokręcenia śruby regulującej położenie fotokomórki. Klucz powinien być przygotowany i w razie potrzeby gotowy do użycia.
Nadzorowanie podłączenia węża do zbiornika z płynem	38	Tej czynności nie można wykonać przed przystąpieniem do przezbroyenia, ale mając zaufanie do drugiego pracownika powierzyć mu następną czynność.
Podstawienie stołu pod element obrotowy taśmy	46	Czynność tę można wykonać przed przystąpieniem do przezbroyenia.
Przyniesienie na stół pudła paletowego z butelkami	47	Po wykonaniu czynności „podstawienie stołu pod element obrotowy taśmy” można również wykonać tę czynność jeszcze przed rozpoczęciem przezbroyenia.
Ustawienie butelek na elemencie obrotowym taśmy	55	Czynność ta została zakwalifikowana do czynności zewnętrznych, ponieważ została już wykonana wcześniej. W celu wyeliminowania powtarzania czynności, pracownik powinien ustawić większą liczbę butelek na elemencie obrotowym taśmy.
Ostateczna kalibracja etykieciarki	59	Czynność ta została zakwalifikowana do wyeliminowania, ponieważ została wykonana przez pracownika 2.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Przekształcenie czynności pracownika 2 z wewnętrznych na zewnętrzne

Czynność	Numer czynności w tabeli	Propozycja zmiany czynności wewnętrznej na zewnętrzną
Przyniesienie klucza imbusowego	2	Czynność tę można wykonać wcześniej przed przystąpieniem do przezbroyenia w ramach przygotowania niezbędnych narzędzi do przezbroyenia.
Przyniesienie klucza	4	Czynność tę można wykonać wcześniej przed przystąpieniem do przezbroyenia w ramach przygotowania niezbędnych narzędzi do przezbroyenia.

Tabela 6 (cd.)

Przyniesienie butelki do regulacji wysokości w gnieździe	6	Czynność ta kwalifikuje się do czynności zewnętrznych, ponieważ można ją wykonać przy włączonej maszynie.
Przyniesienie klucza imbusowego	9	Czynność tę można wykonać wcześniej przed przystąpieniem do przebrojenia w ramach przygotowania niezbędnych narzędzi do przebrojenia.
Wylanie z pompy i maszyny pozostałego płynu	16	Po zakończeniu pracy poprzedniej zmiany jeszcze przed wyłączeniem maszyny i przystąpieniem do przebrojenia można wylać pozostałości płynu w pompie i maszynie. Czynność ta zalicza się do czynności zewnętrznych.
Podstawienie wiadra do zlewki po płukaniu maszyny	19	Wiadro na zlewki można podstawić przy jeszcze włączonej maszynie. Czynność tę można zaliczyć do czynności zewnętrznych.
Szukanie szmatki	21	Szmatkę do wyczyszczenia zbiornika głównego należy przygotować przed rozpoczęciem przebrojenia.
Przyniesienie maszyny zakręcającej nakrętki	23	Wcześniejsze podstawienie maszyny zakręcającej nie ma wpływu na czas wykonywanych czynności przy przebrojeniu, dlatego też można tę czynność zaliczyć do czynności zewnętrznych. Można ją wykonać przed przystąpieniem do przebrojenia.
Przyniesienie klucza z szafki	25	Niezbędną rzeczą do sprawnego funkcjonowania maszyny zakręcającej jest wymiana nakładki, a do tego jest potrzebny klucz. Klucz może być naszykowany wcześniej przed rozpoczęciem przebrojenia.
Przyniesienie pudełek na nakrętki i rozpakowanie palet z butelkami	32	Te dwie czynności można wykonać przy włączonej maszynie. Wykonanie tych czynności przed rozpoczęciem przebrojenia skróci czas spędzony na przebrojeniu.
Przyniesienie wiadra do wylania płynu z butelek	36	Wiadro na wylanie płynu z butelek można przynieść przy jeszcze włączonej maszynie. Czynność tę można zaliczyć do czynności zewnętrznych.
Szukanie /przyniesienie kluczy do rylniki	40	Czynność tę można wykonać wcześniej przed przystąpieniem do przebrojenia w ramach przygotowania niezbędnych narzędzi do przebrojenia.
Napełnienie nakrętkami pudełka	43	Po wykonaniu czynności „Przyniesienie pudełek na nakrętki i rozpakowanie palet z butelkami” można również napełnić nakrętkami przyniesione pudełka. Czynność ta zalicza się do czynności zewnętrznych.

Źródło: opracowanie własne.



Czynności zewnętrzne można wykonać przed przeprowadzeniem przebrojenia, są to czynności przygotowawcze typu przyniesienie ścierki, kluczy oraz rozpakowanie palety z butelkami. W celu skrócenia czasu przebrojenia czynności zewnętrznych zostały wyeliminowane niektóre czynności wewnętrzne, dlatego czas przebrojenia został policzony ponownie. W przypadku pracownika 1 czas przebrojenia został skrócony o 1060 s, a w przypadku pracownika 2 o 1070 s. W wyniku przedstawionych propozycji całkowity czas przebrojenia zmniejszył się o niecałe 18 minut.

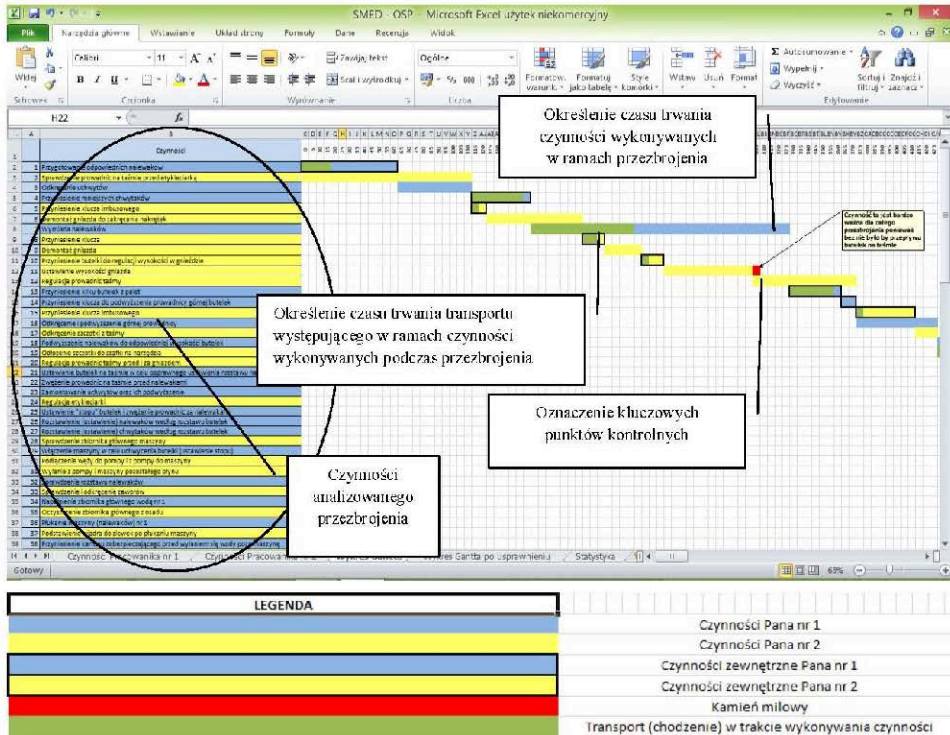
### 3.3. Wykres Gantta

W celu wyznaczenia czynności krytycznych badanego przebrojenia posłużono się wykresem Gantta jako narzędziem graficznego sposobu planowania i kontroli. Z uwagi na to, że wykresy Gantta są doskonałym narzędziem wizualizacji działań wielopodmiotowych, zarówno zespołowych, jak i grupowych, świetnie oddają następstwo kolejnych zdarzeń oraz równoległość zadań. Technika ta świetnie nadaje się do planowania i kontrolowania realizacji zaplanowanego przebrojenia.

W związku z powyższym, w celu wizualizacji przebiegu czynności przebrojenia opracowano wykres Gantta dla wszystkich czynności wykonywanych przez obu operatorów – rys. 2 oraz zaznaczono kamienie milowe, dzięki którym wskazano istotne terminy w ramach realizowanego przebrojenia. Całość została opracowana w programie MS Excel.

W ramach analizy opracowano dwa wykresy Gantta, każdy z nich został zamieszczony w oddzielnej zakładce pliku Ms Excel. Pierwszy z nich dotyczy oceny stanu istniejącego i zawiera wszystkie czynności jakie wykonywane były przez pracownika 1 i 2 wraz z zaobserwowanymi przestojami. Drugi przedstawia porządek czynności po eliminacji czynności zewnętrznych, czyli po usprawnieniu przebrojenia.

Opracowane wykresy Gantta pozwoliły również na analizę równoczesności zdarzeń, co jest szczególnie istotne przy eliminacji czynności wchodzących w skład przebrojenia.



Rys. 2. Fragment wykresu Gantta opracowanego w Ms Excel dla stanu obecnego  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.*

Na wykresie Gantta wyznaczono ścieżkę krytyczną oraz rzeczywisty czas przebrojenia po wprowadzonych usprawnieniach. Czas przebrojenia maszyny odczytany z wykresu Gantta wynosił  $3735 \pm 5s$ , czyli ok 62 minuty, udało się go skrócić o  $1065 \pm 5s$ , czyli o 18 minut.

#### 4. Podsumowanie

Zastosowanie podejścia SMED w analizowanym procesie pozwoliło na skrócenie czasu przebrojenia. W tabeli 7 zestawiono czynności przed i po usprawnieniu, w celu wskazania różnic występujących w obu podejściach.

Tabela 7. Dane statystyczne czasu wykonywanych czynności przed i po usprawnieniu

Nazwa czynności	Przed usprawnieniem [s]	Po usprawnieniu [s]
Czas wykonywanych czynności pracownika 1	4801	3741
Czas wykonywanych czynności pracownika 2	4801	3731
Całkowity czas wykonywanych czynności	9602	7472
Czas wykonywanych czynności zewnętrznych pracownika 1	0	1060
Czas wykonywanych czynności zewnętrznych pracownika 2	0	1070
Suma czasów wykonywanych czynności zewnętrznych	0	2130
Czas transportu	1303	11
Czas regulacji	3676	3531
Czas wymiany	1408	1408
Czas oczekiwania	901	742
Czas czyszczenia	899	784
Czas problemu	215	0
Czas przygotowania	1200	996

Źródło: opracowanie własne.

Czas wykonywanych czynności zawartych w tabeli 7 został obliczony na podstawie wyznaczonych czasów poszczególnych czynności.

Z przedstawionych danych w tabeli 7 wynika, że czas wykonywanych czynności w ramach przebrojenia przez obu pracowników jest identyczny przed usprawnieniami, zaś po zmianach różni się jedynie o 10 s.

Wykonane działania organizacyjne procesu przebrojenia pozwoliły na jego skrócenie o 2130 s w większości przypadków dzięki zamianie czynności wewnętrznych na zewnętrzne – rys. 5 i 6. W ramach dalszych działań należy skupić się nad skróceniem czasów czynności wewnętrznych.

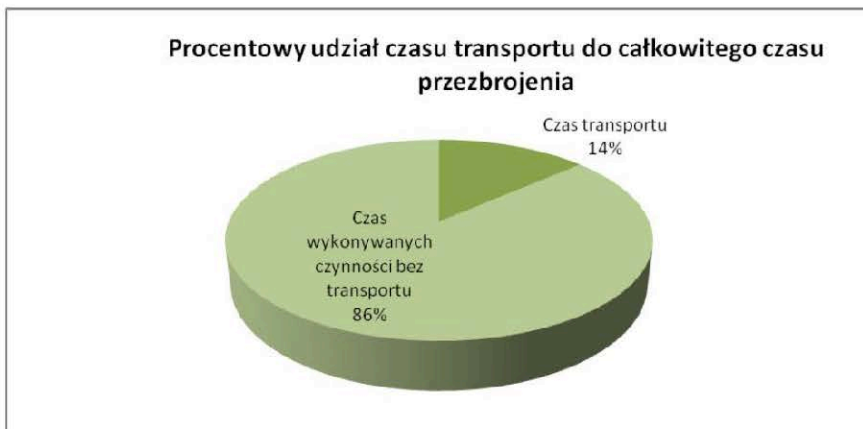




Rys. 5. Procentowy udział wykonywanych czynności z podziałem na czynności zew./wew.

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzone badania wskazują, że zastosowane rozwiązania pozwalają na skrócenie czasów czynności, którym nadano kategorię zbędnego transportu. W analizowanym przypadku czas transportu przed usprawianiem był na poziomie 14%, a po usprawianiu czas ten został zmniejszony niemalże do 0, potwierdzeniem tego są dane przedstawione na rys. 6 i 7. Osiągnięcie wartości zerowej było możliwe również dlatego, że czynności te zostały przeniesione do czasów zewnętrznych przebrojenia, co przekłada się również na skrócenie czasów jego przygotowania – tabela 7. Zastosowanie tego typu zabiegów przekłada się również na skrócenie czasu oczekiwania, czego potwierdzeniem są dane przedstawione w tabeli 7. Czasy te uległy zmianie dla obu operatorów.



Rys. 6. Procentowy udział czasu transportu do całkowitego czasu przebrojenia

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 7. Procentowy udział czasu transportu po usprawnieniu do całkowitego czasu przebrojenia

*Źródło: opracowanie własne.*

Analizując czynności wykonywane przez pracowników, zauważono, że niektóre czynności występujące u pracownika 1 i 2 (powtarzają się) np. ostateczna kalibracja etykieciarki wykonywana przez pracownika 1, pomimo tego, że pracownik 2 kalibrował ją wcześniej. W związku z tym, zaproponowana eliminacja czynności u pracownika 1 wpływa na dodatkowe skrócenie czasu trwania przebrojenia o 18 minut.

Efektywny czas przebrojenia w wyniku przedstawionych zmian nie osiągnął jeszcze założonego przez Shingeo Shingo poziomu, nie mniej jednak pozwala na osiągnięcie wymiernych korzyści przez przedsiębiorstwo.

W przypadku, gdy w ciągu tygodnia przebrojeń jest 11 oraz że skrócenie czasu wystąpi przy każdym przebrojeniu, czas zaoszczędzony przy przebrojeniach wyniesie ok. 11 660 sekund, czyli 3h 20 min. Korzyści idące ze skrócenia czasu przebrojenia maszyny są przedstawione w tabeli 8.

Tabela 8. Korzyści wynikające ze skrócenia czasu przebrojenia maszyny

Mierniki	przed	po	Przyrost/ redukcja
Tygodniowy czas pracy w sekundach przypadający na jedną zmianę roboczą	144000	144000	–
Czas przebrojenia * Liczba przebrojeń	52811	41151	11660
Efektywny czas pracy w sekundach	91189	102849	
Efektywna liczba godzin produkcji w tygodniu przypadająca na jedną zmianę	25,33	28,57	3,24

Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wprowadzenie podejścia SMED pozwala na podniesienie innowacyjności procesów, ponieważ daje możliwość ich doskonalenia, rozwija kadrę wszystkich szczebli, przekłada się na wymierne korzyści dla przedsiębiorstwa w formie zysku.

## Literatura

- [1] **Martyniak Z.:** *Organizacja i zarządzanie. 15 efektywnych metod.* Wyd. ANTYKWA, Kraków 1997.
- [2] **Martyniak Z.:** *Organizacja i zarządzanie. 70 problemów teorii i praktyki.* Wyd. ANTYKWA, Kraków-Kluczbork 2001.
- [3] **Nowacki M.:** *Zarządzanie produkcją w praktyce,* Wiedza i Praktyka, Warszawa 2006.
- [4] Praca zbiorowa: *Szybkie przebrojenie dla operatorów: System SMED,* Productivity Press Development Team, 2010.
- [5] **Shingo S., Dillon A.:** *A Revolution in Manufacturing: The Smed System,* Productivity Press Inc., 1985.
- [6] **Womack J.P., Jones D.T.:** *Odchudzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa – kluczem do sukcesu,* Centrum Informacji Menedżera, Warszawa, 2001.