

| Łukasz Waclawik

Zastosowanie wykresu yamazumi w analizie wartości dodanej procesu pracy

Streszczenie

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie zastosowania jednego z rodzajów wykresu *yamazumi* do doskonalenia procesu pracy. Diagram ten jest modyfikacją tradycyjnego wykresu *yamazumi*, zbudowanego z uwzględnieniem wartości dodanej czynności i analizy ABC. *Metodyka badań:* W ramach badań dokonano analizy i krytyki piśmiennictwa, a następnie na podstawie obserwacji w środowisku przemysłowym zaprezentowano opis prostego przypadku.

Wyniki badań: Wynikiem pracy jest przegląd literatury z analizowanego zakresu wraz z prostym przykładem zastosowania. Należy uznać, że zmodyfikowany wykres *yamazumi* jest efektywnym i nieskomplikowanym narzędziem usprawniania procesów pracy.

Wnioski: Wykres *yamazumi* to interesujące narzędzie usprawniania procesów, a jego połączenie z analizą wartości dodanej oraz wykorzystaniem podejścia charakterystycznego dla metody ABC pozwala na nowatorskie spojrzenie na usprawnianie procesów pracy. Nowatorstwo wykresu *yamazumi* polega na oderwaniu się od chronologii procesu i skupieniu się na czasach wykonania i znaczeniu wartości dodanej.

| Łukasz Waclawik, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania Organizacjami i Kapitałem Społecznym, ul. Gramatyka 10, 30-067 Kraków, e-mail: lwacławik@agh.edu.pl, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8401-5688>.

| Artykuł udostępniany na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0); <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Wkład w rozwój dyscypliny: Tradycyjne podejście do analizy procesu (od początku lub od końca) zostaje uzupełnione o narzędzie badawcze, w którym rezygnuje się z chronologii. Możliwe staje się spojrzenie na proces w inny sposób niż powszechnie przyjęty.

Słowa kluczowe: wykres *yamazumi*, badanie pracy, *muda hunting*, wartość dodana.

Klasyfikacja JEL: L23.

1. Wprowadzenie

Celem artykułu jest omówienie podstaw koncepcyjnych oraz prezentacja zasad i możliwości zastosowania wykresu *yamazumi* w doskonaleniu procesu pracy. Zastosowanie zmodyfikowanej wersji wykresu *yamazumi* pozwala zbadać proces w inny sposób niż w typowej analizie procesów pracy. Najczęściej analizy dokonuje się chronologicznie, w artykule zaproponowano jednak analizę z pominięciem chronologii i skupiono się na dwóch aspektach procesu: czasie trwania czynności i znaczeniu czynności dla procesu.

2. Istota wykresów *yamazumi*

Lean management jest jedną z najpopularniejszych metod zarządzania, szczególnie w obszarze zarządzania produkcją. Wraz z popularyzacją podejścia *lean* w piśmiennictwie i praktyce pojawiło się wiele metod szczegółowych i technik. Na uwagę zasługują tutaj zwłaszcza *muda hunting* i wykres *yamazumi*. *Muda* jest szeroko opisana w polskiej literaturze przedmiotu. Zdecydowanie mniej miejsca poświęcono wykresom *yamazumi*, które są interesującym narzędziem eliminowania marnotrawstwa w procesie.

Doskonalenia procesów pracy można doszukiwać się już w dorobku F. Taylora (Martyniak 1999) czy H. Forda (2007). W polskiej literaturze za klasyczne uchodzą prace H. Mreły (1979), Z. Martyniaka (1997) czy Z. Mikołajczyk (1999). Współcześnie problem został rozwinięty m.in. w pracach M. Imaiego (2006), J.T. Likera (2005) czy M. Rothera i J. Shooka (2017) w ramach metody *lean management* i mapowania procesów. Głównym kierunkiem rozwoju wykresów *yamazumi* jest równoważenie obciążenia pracą (Sabadka i in. 2017), a podawane w literaturze przykłady obejmują również kraje Europy Środkowej (Czifra i in. 2019), Indonezji (Ariyanti, Azhar i Lubis 2020), Bangladesz (Kays i in. 2019) czy Kenię (Bongomin i in. 2020). Publikacje te dowodzą szerokiej aplikacji wykresów *yamazumi* głównie w procesach produkcyjnych w krajach, w których produkcja opiera się na niskich kosztach siły roboczej, a także w procesach, których wartość dodana jest również niższa.

Metoda ABC to klasyczna metoda zarządzania, a jej zastosowania są niezwykle uniwersalne – począwszy od gospodarki magazynowej, przez doskonalenie procesów, po *category management*. Jej wykorzystanie w badaniu metod pracy pozwala na wskazanie tych czynności, które należy poddać analizie i ocenie. Połączenie metody ABC z wykresem *yamazumi* umożliwi obserwację procesu pracy z uwzględnieniem czasu trwania czynności i ich znaczenia dla tworzenia wartości dodanej. Wskazane zostaną więc te elementy procesu, które należy usprawnić.

Nazwa wykresu pochodzi od słowa „stos”, pierwotnie bowiem wykres był przedstawiany w formie „stosu” – wykresu słupkowego składającego się z jednej kolumny, na której umieszczano poszczególne elementy pracy realizowane przez jednego wykonawcę. Jeśli liczba wykonawców jest większa, to wykres składa się z większej liczby słupków („stosów”), odpowiednio dla każdego z wykonawców. Ten pierwszy sposób prezentacji był już spotykany w badaniu metod pracy – w kartach chronometrycznych, w których w kolumnach zaznaczano pracę poszczególnych wykonawców. Różnica polega jednak na tym, że analizowano chronologię zdarzeń. Celem karty była analiza kolejności czynności lub ich koordynacja, natomiast wykresy *yamazumi* nie analizują chronologii zdarzeń, choć rejestrują obciążenia poszczególnych wykonawców, co pozwala na równoważenie obciążenia pracą. Wykresy *yamazumi* w interesujący sposób łączą dorobek badania pracy z metodą *lean management* czy zarządzaniem wizualnym. Ich pojawienie się związane było z *Toyota production system* i odwoływało się do rejestracji procesu z punktu widzenia wykonawcy, urządzenia czy przedmiotu pracy.

Specyficznym zastosowaniem wykresów *yamazumi* może być ich odniesienie do procesu. Wynikiem postępowania charakterystycznego dla wykresu *yamazumi* nie jest uporządkowany w czasie czy przestrzeni wykaz kolejnych czynności. *Yamazumi* przedstawia wszystkie stany, w których znajduje się wykonawca, urządzenie czy przedmiot pracy, wraz z czasem ich trwania, ale z pominięciem ich kolejności i stanów beczynności. Jeśli porównamy tę technikę z tradycyjnymi metodami zarządzania, wynik postępowania najbardziej będzie przypominał rezultat obserwacji migawkowych. W praktyce wykres *yamazumi* przedstawia strukturę czasu pracy, która podlega dalszej analizie. Ogólnie wykresy *yamazumi* tworzy się, aby usprawnić proces pracy lub zrównoważyć obciążenie pracą wykonawców. Korzystając z wykresów, można dokonać analizy pracy operatora zatrudnionego na stanowisku pracy, jak również przeprowadzić balansowanie całej linii produkcyjnej czy grupy stanowisk. Dokonuje się tego przez wyrównywanie pracy, a zatem przypisanie każdemu wykonawcy pracy, której realizacja zajmuje podobny czas.

W artykule przedstawiono inne spojrzenie na wykres *yamazumi*. Analizie poddano proces i czynności w nim występujące, a nie wykonawców. Zagadnienie

równoważenia procesu zaczyna mieć coraz większe znaczenie ze względu na stosowanie podejść bliskich *six sigma* czy mapowaniu procesów.

3. Czynności w badaniu metod pracy i w wykresach yamazumi

Literatura poświęcona analizie procesów pracy jest niezwykle bogata. Celem artykułu nie jest więc opis poszczególnych stanów, w jakich znajduje się wykonawca, przedmiot czy narzędzie pracy podczas rejestracji procesu. Omawiając jeden z przykładów zastosowania wykresów *yamazumi*, wykorzystano tradycyjne podejście charakterystyczne dla badania metod pracy. Dlatego też w kontekście analizy czynności charakterystycznych dla wykresów *yamazumi* dokonano porównania z czynnościami występującymi w badaniu metod pracy.

Pierwotnie w wykresach *yamazumi* stosowano trzy podstawowe kolory: zielony, pomarańczowy i czerwony. Kolory te odwoływały się bezpośrednio do analizy wartości dodanej w procesie produkcji.

Czynność oznaczona na zielono to czynność tworząca wartość dodaną, a więc wartość, dla której konsument zakupi dany produkt – te cechy produktu, za które płaci. W badaniu metod pracy kryteria te spełnia operacja, czyli czynność polegająca na zmianie właściwości fizycznych, chemicznych, czy po prostu kształtu przedmiotu pracy.

Kolorem pomarańczowym oznacza się czynności, które nie tworzą wartości dodanej, ale są niezbędne do jej stworzenia. Za ten rodzaj czynności konsument jest skłonny zapłacić, ich wykonanie nie jest już jednak dla niego konieczne. O ile czynności przynoszące wartość dodaną służą klientowi, o tyle ta grupa stanowi czynności niezbędne dla firmy. W badaniu metod pracy kryteria te odpowiadają uzasadnionym czynnościom kontrolnym. Są to: kontrola, czyli weryfikacja, odczyt w urządzeniu testującym, pomiar oraz kontrola ilościowych i jakościowych cech przedmiotu pracy. W przypadku badania metod pracy kontrola ma węższe, wręcz funkcjonalne znaczenie. Warto zaznaczyć, że w przypadku analizy *muda* procesy kontroli mają duże znaczenie i obejmują wszystkie czynności mające na celu eliminację złej jakości czy dążenie do optymalizacji procesu. Zdarzają się też jednak czynności kontrolne całkowicie niepotrzebne.

Kolorem czerwonym oznacza się te czynności, które są zbędne, czyli takie, które nie służą ani klientowi, ani przedsiębiorstwu wytwarzającemu dany produkt czy usługę. Z punktu widzenia badania pracy są to wszystkie pozostałe czynności i stany występujące w badaniu metod pracy:

– przemieszczenie – transport, przesunięcie referencji/komponentów/półwyrobów/wyrobów, przewożenie, przenoszenie, przekładanie z miejsca na miejsce itp. W badaniu metod pracy specyficznym rodzajem transportu będzie manipu-

lacja, czyli przemieszczenie na stanowisku pracy, w zasięgu rąk pracownika. Przemieszczenia to czynności niewnoszące wartości dodanej do procesu, każda z nich jest kosztem. W każdym procesie dąży się do ich eliminacji lub wykorzystania rozwiązań pozwalających na ograniczenie ich kosztów do minimum (np. przemieszczenie grawitacyjne zarówno pomiędzy stanowiskami, jak i na stanowiskach pracy);

– oczekiwanie, czyli stan beczynności, który może dotyczyć wykonawców, surowców czy referencji w magazynie, komponentów na linii lub w strefie magazynowania, półproduktów pomiędzy stanowiskami itp. W badaniu metod pracy pierwotnie wyróżniano tu zarówno oczekiwanie, jak i magazynowanie. Obecnie podział ten traci swój sens. We współczesnych systemach rejestracji można identyfikować każdy z opisanych stanów, choćby przez monitoring czy karty dostępu. Warto dodać, że wykres *yamazumi* pomija stan oczekiwania. Tworząc „stos”, bierze się pod uwagę wyłącznie czynności wykonawcy, stan beczynności nie jest rejestrowany. Wynika to z faktu, że wykres ma na celu m.in. balansowanie i wyrównywanie obciążeń pracowników;

– wykonywanie innej pracy – w badaniu metod pracy każda czynność, która nie jest związana z procesem, jest wykonywaniem innej pracy.

Należy jednak zwrócić uwagę na specyfikę wykresu *yamazumi* w zakresie czynności wykonywanych opcjonalnie, a więc różniących się od tych, które występują w typowym procesie.

W dalszej części artykułu wykorzystana zostanie powyższa charakterystyka czynności, uwzględniająca kolory zielony, pomarańczowy i czerwony. Warto jednak dodać, że współcześnie dokonuje się ich istotna modyfikacja: obok trzech wymienionych kolorów pojawiły się dwa dodatkowe, oznaczające prace opcjonalne (takie, które nie są wykonywane w przypadku każdego produktu) i prace specyficzne (niezbędne, występujące w jednej referencji albo niewystępujące zbyt często¹). Prace opcjonalne i specyficzne są nośnikami wartości dodanej, a ich wyróżnienie ułatwia statystyczną kontrolę procesu. Jeśli analizuje się stabilność procesu, warto zwrócić uwagę na te niestandardowe prace.

¹ Rodziny produktów stają się istotnym problemem rejestracji i analizy procesów. Jeszcze na początku wieku problem ten był lekceważony ze względu na wąski zakres wytwarzanych produktów. Przykładowo przedsiębiorstwo wytwarzające trzy rodzaje produktu mogło dokonywać rejestracji i analizy osobno dla każdego z nich. Z każdym rokiem rośnie liczba oferowanych produktów, które różnią się między sobą często w bardzo niewielkim stopniu. Z punktu widzenia ich wykonania – mimo istotnych podobieństw – pojawiają się jednak różnice, które przekładają się na różne czasy ich wykonania. Pojawiają się tu dwa pytania: 1) czy produkty należą do jednej rodziny pod względem wykonawczym, czy są to już zupełnie inne rodziny i należy analizować je oddzielnie? 2) jak często wykonywany jest dany produkt i czy warto analizować jego unikatowe cechy? Im więcej jest istotnych różnic w procesie wynikających z unikatowych różnic między wytwarzanymi produktami, tym trudniejsze jest korzystanie z narzędzi analizy procesów pracy.

4. Metodyka badań

Badania przeprowadzono u jednego z dostawców części samochodowych. Proces sprowadza się do metalizowania, czyli polega na nałożeniu powłoki ochronnej na częściach z tworzywa sztucznego, które zostały wcześniej wykonane za pomocą wtryskarki. Analizowana praca sprowadza się do wykonania powtarzalnych czynności. W ramach prowadzonych badań należy wyróżnić następujące etapy:

1) obserwacja i rejestracja stanu faktycznego. Na tym etapie dokonano identyfikacji czynności, ich kolejności oraz pomiarów czasów trwania poszczególnych czynności. Rejestrację i obserwację przeprowadzono za pomocą kamery z wykorzystaniem chronometrażu. W wyniku obserwacji stwierdzono, że czasy przeprowadzonego chronometrażu mają cechy rozkładu normalnego. Można więc wyciągnąć wniosek, że badany proces jest stabilny i wykonywany bez zbędnych przerw. Na podstawie pomiarów opracowano opis procesu. Dla celów porównawczych wyniki przedstawiono w sposób charakterystyczny dla badania metod pracy (tabela 1) i uporządkowano za pomocą metody ABC (tabela 2), a zarejestrowane czynności rozpisano w zmodyfikowanym wykresie *yamazumi*. Tradycyjny „stos” podzielono dla poszczególnych czynności ze względu na czas ich trwania (rys. 1). Jednocześnie przedstawiono strukturę wykorzystania czasu pracy z podziałem na czas tworzenia wartości dodanej niezbędny do jej powstania i zbędny;

2) krytyczna analiza i ocena oraz poszukiwanie usprawnień. Opierając się na wynikach przedstawionych na rys. 1 i 2, dokonano analizy możliwych usprawnień, które następnie przedstawiono do akceptacji osobie odpowiedzialnej za proces;

3) projektowanie stanu proponowanego. Dla celów porównawczych dokonano rejestracji stanu proponowanego w tabelach 3 i 4 oraz na rys. 3 i 4 według zasad opisanych dla pierwszego z etapów;

4) ocena wyników. W tabeli 5 dokonano oceny otrzymanych wyników, porównując na tablicy kontrolnej obciążenia wykonawców skrócenie czasu ich pracy.

5. Przykład zastosowania wykresu *yamazumi*

Opis procesu metalizowania

Proces metalizowania rozpoczyna się od wyjęcia elementów z wtryskarki. Po ich wyciągnięciu operator wtryskarki układa je na tackach. Tacki te odkładane są na półkę znajdującą się między stanowiskiem operatora wtryskarki a stanowiskiem pracy metalizatora. Następnie operator pobiera je, przenosi obok metalizatora i umieszcza każdą sztukę w satelicie, dzięki czemu można metalizować grupę elementów w jednej operacji. Satelity ułożone są na stelażu. Po zakończeniu metalizacji stelaż jest wyciągany, elementy są układane z powrotem na tacki, które

Tabela 1. Rejestracja procesu – stan istniejący

Lp.	Opis czynności	Liczba (szt.)	Powierzchnia (m)	Czas (s)	Odległość (m)	○	↑	□	▽	Uwagi
1	Zapełnienie tacek częściami wyciągniętymi z wtryskarki	200	1	900	0	○				Cztery tacki po 50 sztuk
2	Umieszczenie tacki wypełnionej częściami na półce	50	1	30	5		↑			Czynności powtarzane cztery razy
3	Wyciągnięcie tacki i położenie obok metalizatora	50	1	15	2		↑			
4	Przełożenie części i położenie na satelitach w metalizatorze	50	0	150	1		↑			
5	Poddanie części metalizacji	200	0	1200	0	○				
6	Wyjście stelazu z satelitami z metalizatora	200	0	60	2		↑			
7	Przełożenie części z satelity na tacki	200	1	600	0		↑			
8	Umieszczenie tacek na półce	50	1	15	2		↑			Czynności powtarzane cztery razy
9	Przeniesienie tacek z półki na stanowisko kontroli jakości	50	0	30	4		↑			
10	Kontrola jakości	50	1	300	0			□		
11	Odłożenie tacek na wózek	50	1	15	2		↑			
12	Przewiezenie gotowych sztuk do magazynu	200	0	240	30		↑			
13	Magazynewanie	200	4						▽	
Liczba czynności						2	9	1	1	
Liczba części		2600								
Zajęta powierzchnia			11							
Czas łącznie				5520						
Odległość					66					
% czynności z wartością dodaną 7%										

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań.

przenosi się na półkę. Tacki pobierane są z półki, odbywa się kontrola jakości elementów, następnie są one przenoszone na wózek i zawożone do magazynu. W tabeli 1 podano liczbę sztuk, zajmowaną powierzchnię, czas, odległości i uwagi. Ikony wykorzystane w tabelach 1 i 3 oznaczają kolejno: operacje, przemieszczenie, kontrolę i magazynowanie.

Uwagi

Czynności 1 i 2 podane w tabeli 1 (zapełnienie tacek częściami wyciągniętymi z wtryskarki oraz umieszczenie tacki wypełnionej częściami na półce) wykonywane są przez operatora wtryskarki, pozostałe czynności (3–13) realizuje operator metalizatora. Cykl pracy operatora metalizatora jest o 30 minut dłuższy od cyklu urządzenia. Czynność 1 została zakwalifikowana jako operacja, ale sprowadza się ona do przygotowania części do transportu, a więc nie można powiedzieć, że czynność ta jest nośnikiem wartości dodanej.

Dla pierwszych 12 czynności podanych w tabeli 1 opracowano wykres *yama-zumi*. W pierwszym etapie pomnożono czasy czynności, które powtarzały się czterokrotnie, a następnie uporządkowano je malejąco oraz przypisano im znaczenie w tworzeniu wartości dodanej.

Tabela 2. Uporządkowanie czynności oraz przypisanie im znaczenia w tworzeniu wartości dodanej – stan istniejący

Lp.	Opis czynności	Czas (s)	Znaczenie czynności
1	Poddanie części metalizacji	1200	wartość dodana
2	Kontrola jakości	1200	niezbędna
3	Zapełnienie tacek częściami z wtryskarki	900	zbędna
4	Przełożenie części na satelity	600	zbędna
5	Przełożenie części z satelity na tacki	600	zbędna
6	Przewiezienie gotowych sztuk do magazynu	240	zbędna
7	Umieszczenie tacki z częściami na półce	120	zbędna
8	Przeniesienie tacek do kontroli jakości	120	zbędna
9	Wyciągnięcie tacki i położenie obok metalizatora	60	zbędna
10	Wyjęcie stelażu z metalizatora	60	zbędna
11	Umieszczenie tacek na półce	60	zbędna
12	Odłożenie tacek na wózek	60	zbędna

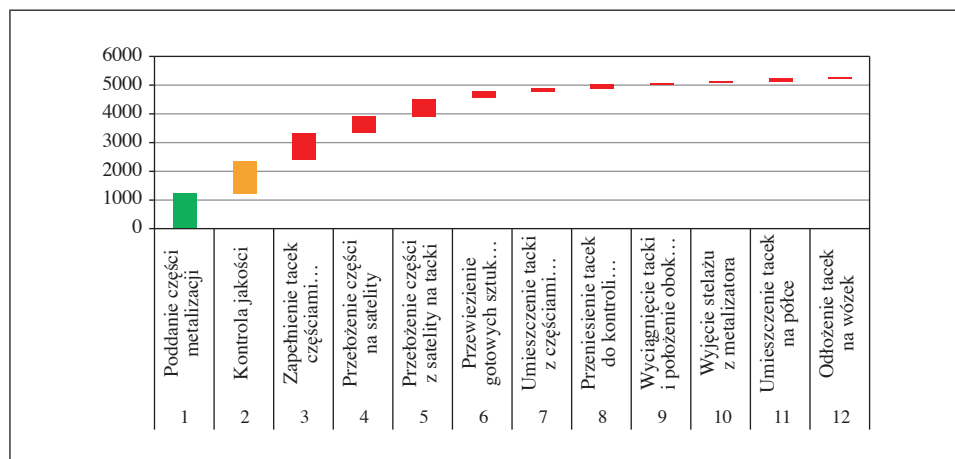
Źródło: opracowanie własne na podstawie badań.

Wśród 12 czynności zaledwie dwie są niezbędne: proces metalizacji oraz kontroli jakości. Są to dwie najdłużej trwające czynności, łącznie trwają 2400 sekund. Proces metalizacji zależy od stosowanych rozwiązań technologicznych,

więc nie podlega dalszej analizie. Kontrola jakości jest zaś czynnością, którą można próbować usprawnić.

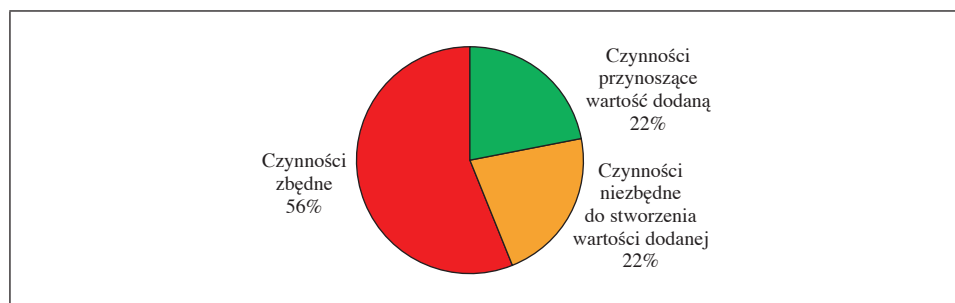
Kolejnym elementem rejestracji stanu istniejącego było opracowanie wykresu *yamazumi* dla stanu istniejącego, z wyodrębnieniem czynności tworzących wartość dodaną (czynność 1 w tabeli 2 – poddanie części metalizacji), niezbędnych do jej stworzenia (czynność 2 w tabeli 2 – kontrola jakości) i zbędnych (pozostałe czynności) – rys. 1.

W badanym procesie udział czynności przynoszącej wartość dodaną stanowi 22% czasu, podobnie jak czynności niezbędnej do stworzenia wartości dodanej. Czynności zbędne zajmują 56% czasu (rys. 2).



Rys. 1. Wykres *yamazumi* dla stanu istniejącego

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań.



Rys. 2. Analiza udziału procentowego poszczególnych rodzajów czynności – stan istniejący

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań.

Tabela 3. Rejestracja procesu – stan proponowany

Lp.	Opis czynności	Liczba (szt.)	Powierzchnia (m)	Czas (s)	Odległość (m)	○	↑	□	▽	Uwagi
1	Bezpośrednie umieszczenie części na satelitę metalizatora	200	1	900	0		↑			
2	Poddanie części metalizacji	200	0	1200	0	○				
3	Wyjście stelażu z satelitami z metalizatora	200	0	60	2		↑			
4	Przełożenie części z satelity na tałki z jednoczesną kontrolą jakości	200	1	1800	0		↑	□		
5	Odłożenie tacek na wózek	50	1	15	2		↑			Cztery razy
6	Przewieźienie gotowych sztuk do magazynu	200	0	240	30		↑			
7	Magazynowanie	200	4						▽	
Liczba czynności						1	5	1	2	
Liczba części		1400								
Zajęta powierzchnia			7							
Czas łącznie				4260						
Odległość					40					
% czynności z wartością dodaną 12%										

Źródło: opracowanie własne.

Proponowane usprawnienia

Celem usprawnień jest eliminacja, połączenie lub skrócenie czasu trwania poszczególnych czynności oraz poprawa koordynacji pomiędzy wykonawcami pracującymi na wtryskarce i metalizatorze, a w konsekwencji skrócenie czasu opisanego procesu. Zaproponowano następujące usprawnienia:

1) cztery początkowe czynności procesu połączono – dotychczas przenoszono części z wtryskarki najpierw na tackę, a potem operator wtryskarki odkładał je na półkę, z której były odbierane przez operatora metalizatora. To rozwiązanie ma swoje zalety, gdyż nie zakłada konieczności ścisłej koordynacji prac obu operatorów. W proponowanym rozwiązaniu stelaż, na który na bieżąco odkłada się części, znajduje się bezpośrednio obok operatora wtryskarki, a po zakończeniu procesu pracownik ten przesuwa stelaż do metalizatora. Takie działanie powoduje skrócenie czasu wykonania pierwszych czterech czynności o 780 sekund. Skracają się rzeczywisty czas pracy operatora wtryskarki o 120 sekund (eliminacja czynności 2 z tabeli 1 – czynność ta trwa 30 sekund i jest wykonywana czterokrotnie) i operatora metalizatora o 660 sekund (eliminacja czynności 3 i 4 – czynności te trwają łącznie 165 sekund i również są realizowane czterokrotnie);

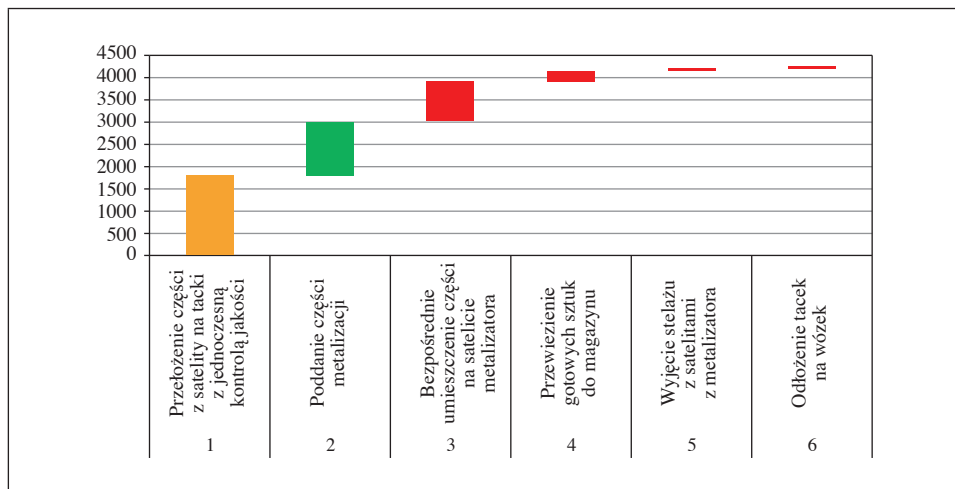
2) połączenie odkładania części wyjętych z metalizatora (czynności 7–10, trwających dotychczas 1980 sekund) w jedną czynność trwającą 1800 sekund. Kontrola metalizowanych elementów będzie odbywać się podczas ściągania części i umieszczania ich na tackach. W ten sposób nastąpi dalsze skrócenie czasu trwania procesu.

Uwzględniając powyższe zmiany, dokonano kolejnej rejestracji procesu dla stanu proponowanego (tabela 3). W wyniku redukcji i połączenia niektórych czynności ich liczba zmniejszyła się z 13 do 8, z uwzględnieniem magazynowania. Zmniejszyła się też liczba czynności wykonywanych wielokrotnie. To wszystko pozwoliło skrócić czas procesu. Następnie uporządkowano czynności według czasu ich trwania i znaczenia w tworzeniu wartości dodanej (tabela 4). Wyniki w formie wykresu *yamazumi* przedstawiono na rys. 3.

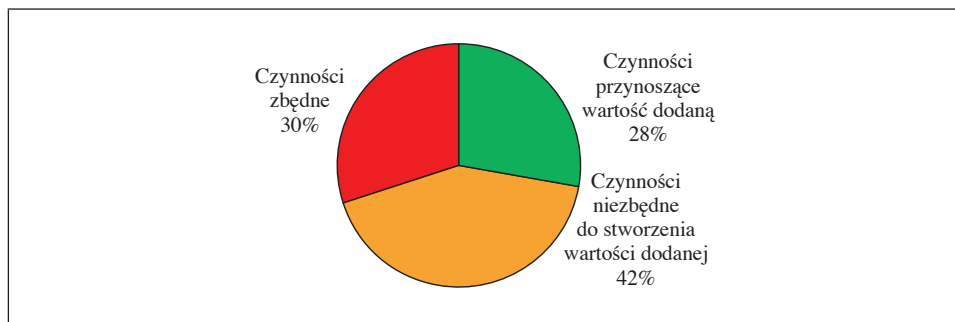
Tabela 4. Uporządkowanie czynności według czasu ich trwania i znaczenia w tworzeniu wartości dodanej – stan proponowany

Lp.	Opis czynności	Czas (s)	Znaczenie czynności
1	Przełożenie części z satelity na tacki z jednoczesną kontrolą jakości	1800	niezbędna
2	Poddanie części metalizacji	1200	wartość dodana
3	Bezpośrednie umieszczenie części na satelicie metalizatora	900	zbędna
4	Przewiezienie gotowych sztuk do magazynu	240	zbędna
5	Wyjęcie stelażu z satelitami z metalizatora	60	zbędna
6	Odłożenie tacek na wózek	60	zbędna

Źródło: opracowanie własne.

Rys. 3. Wykres *yamazumi* dla stanu proponowanego

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Analiza udziału procentowego poszczególnych rodzajów czynności – stan proponowany

Źródło: opracowanie własne.

W badanym procesie udział czynności przynoszącej wartość dodaną stanowi 28% czasu, czynności niezbędnej do stworzenia wartości dodanej – 42%, a czynności zbędnej 30% (rys. 4).

6. Ocena zastosowania wykresów *yamazumi*

W wyniku zastosowania wykresu *yamazumi* skrócono proces metalizacji z 5520 do 4260 sekund, czyli o 23%. Sporządzona lista kontrolna obciążeń wyko-

nawców procesu wskazuje jednak na istotne niebezpieczeństwo w procesie. Wyniki zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Tablica kontrolna obciążeń wykonawców

Obciążenie	Operator wtryskarki	Operator metalizatora	Metalizator	Stelaż
Przed usprawnieniem (s)	1020	3000	1200	2460
Przed usprawnieniem (%)	18,5	54,3	21,7	44,6
Po usprawnieniu (s)	900	2100	1200	3960
Po usprawnieniu (%)	21,1	49,3	28,2	93,0

Źródło: opracowanie własne.

Dotychczas najbardziej obciążonym elementem procesu był operator metalizatora. Pracował on przez 3000 sekund. Po usprawnieniu wąskim gardłem procesu staje się stelaż z satelitami, który będzie uczestniczył w procesie przez 3960 sekund, czyli przez 93% czasu trwania procesu. Takie rozwiązanie można zaakceptować, ale jeśli sprawdzi się w praktyce, to dalsze jego stosowanie i dalsza poprawa procesu metalizacji będą związane z zakupem drugiego stelaża. Wartość obciążenia 93% świadczy o tym, że stelaż zaczyna być już elementem krytycznym procesu i w przypadku awarii czy zmiany referencji może stać się przyczyną jego zatrzymania.

7. Podsumowanie

Wykresy *yamazumi* są interesującą techniką wspierającą poszukiwanie rozwiązań w metodzie *lean management*. Stosując je, można w prosty sposób wskazać obszary nieprzynoszące wartości dodanej, a zatem generujące straty. Duże znaczenie w wykresach *yamazumi* ma ich oderwanie od układu chronologicznego, gdyż pozwala na inne od typowego spojrzenie na proces.

Literatura

- Ariyanti S., Azhar M.R., Lubis M.S.Y (2020), *Assembly Line Balancing with The Yamazumi Method*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 1007, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012078>.
- Bongomin O., Mwasiagi J.I., Nganyi E.O., Nibikora I. (2020), *Improvement of Garment Assembly Line Efficiency Using Line Balancing Technique*, „Engineering Reports”, April, <https://doi.org/10.1002/eng2.12157>.
- Czifra G., Szabó P., Ml̩kva M., Vaňová J. (2019), *Lean Principles Application in the Automotive Industry*, „Acta Polytechnica Hungarica”, vol. 16, nr 5, <https://doi.org/10.12700/aph.16.5.2019.5.3>.

- Ford H. (2007), *Dziś i jutro*, ProdPress.com, Wrocław.
- Imai M. (2006), *Gemba kaizen. Zdroworozsądkowe, niskokosztowe podejście do zarządzania*, MT Biznes, Warszawa.
- Kays E., Proadhan S., Karia N., Karim M., Sharif B. (2019), *Improvement of Operational Performance through Value Stream Mapping and Yamazumi Chart: A Case of Bangladeshi RMG Industry*, „International Journal of Recent Technology and Engineering”, vol. 8, nr 4, <https://doi.org/10.35940/ijrte.D9926.118419>.
- Liker J.T. (2005), *Droga Toyoty*, MT Biznes, Warszawa.
- Martyniak Z. (1997), *Organizacja i zarządzanie. 15 efektywnych metod*, Antykwa, Kluczbork.
- Martyniak Z. (1999), *Organizacja i zarządzanie. 15 pionierów*, Antykwa, Kraków.
- Mikołajczyk Z. (1999), *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*, PWN, Warszawa.
- Mreła H. (1979), *Metody badania pracy*, PWE, Warszawa.
- Rother M., Shook J. (2017), *Naucz się widzieć. Eliminacja marnotrawstwa poprzez mapowanie strumieni wartości*, Lean Enterprise Institute, Wrocław.
- Sabadka D., Molnár V., Fedorko G., Jachowicz T. (2017), *Optimization of Production Processes Using the Yamazumi Method*, „Advances in Science and Technology Research Journal”, vol. 11, nr 4, <https://doi.org/10.12913/22998624/80921>.

Using the Yamazumi Chart in Added Value Analysis of Work Processes

(Abstract)

Objective: The article examines one type of Yamazumi chart in the process refining. This chart (or diagramme) is a modified version of the traditional chart, built with an ABC analysis taken into account. The subject of the research was a simple work process.

Research Design & Methods: The author analysed the literature and characterises the Yamazumi chart. After presenting a typology of the Yamazumi charts, the author proposes a modification and its application in the analysis of the process.

Findings: The Yamazumi chart is a fascinating tool for process improvement. Combining it with the analysis of added value and the use of the approach characteristic of the ABC method allows for a fairly innovative approach to improving work processes. The novelty of the Yamazumi chart is that it breaks away from process chronology, focusing instead on run times and the importance of added value.

Implications/Recommendations: Without a doubt, the Yamazumi chart in its modified version can be used in the analysis of work processes. Its primary advantage is its detachment from a process' chronology, while focusing on runtime and the importance of added value.

Contribution: The Yamazumi chart allows the traditional approach to process analysis (from the beginning or the end) to be replaced by a system without the chronology, and thus it enables one to see the process in a different way than the widely accepted view.

Keywords: Yamazumi chart, work analysis, Muda hunting, added value.