

# KSZTAŁTOWANIE SYSTEMÓW PRACY NA PRZYKŁADZIE LINII MONTAŻU SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

Józef MATUSZEK, Ewa GOLIŃSKA

**Streszczenie:** W artykule scharakteryzowano system pracy na przykładowej linii montażu samochodów osobowych. Na przykładzie wybranych stanowisk pracy omówiono problemy zapewnienia jakości montażu. Przedstawiono tendencje zastosowań współczesnych metod i technik zarządzania procesem montażu. Podano przykłady zastosowań nowych rozwiązań organizacyjnych w projektowanych i realizowanych procesach pracy przy montażu samochodów osobowych w jednym z zakładów przemysłu motoryzacyjnego.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie systemem pracy, kształtowanie procesu montażu, przemysł samochodowy.

## 1. Wprowadzenie

Zmiany na rynku sprzedaży samochodów wymuszają stosowanie elastycznych systemów produkcyjnych, umożliwiających dostosowywanie wielkości serii produkowanych samochodów do popytu i gustów potencjalnych nabywców. W miejsce aut konstruowanych do przeciętnych gustów, produkowanych w warunkach globalnej, masowej produkcji pojawia się zapotrzebowanie rynku na indywidualizację oferty dostosowaną do preferencji i potrzeb poszczególnych odbiorców. Na tych samych liniach obróbczych wytwarzane są w skali wielkoseryjnej i masowej komponenty do różnych modeli samochodów, na liniach montażowych montowane są auta w różnych wersjach i wyposażeniu. Producenci aut dążą do zapewnienia maksymalizacji możliwości wyboru przez nabywców różnych wariantów aut. Produkowane samochody coraz częściej dostosowywane są do indywidualnych życzeń nabywców. Taki stan rzeczy spowodował, że minimalizacja kosztów produkcji stała się jednym z ważniejszych, obok wymagań jakościowych, czasu realizacji zamówienia i oryginalności rozwiązania produktu z punktu widzenia klienta, kryterium realizacji zadań produkcyjnych [1, 2].

Rosnąca konkurencja, globalizacja, dostęp do nowoczesnych środków produkcji i informacji sprawiły, że sukces i przetrwanie na rynku osiągnąć dziś mogą tylko te firmy, które najlepiej i najszybciej dostosowują się do zachodzących zmian.

O ile w przeszłości firmy zarządzano od zmiany do zmiany, to dziś zmiany są zjawiskiem ciągłym a rynek podlega wyjątkowo głębokim i wieloczynnikowym zmianom. Współczesne firmy i instytucje w coraz większym stopniu oparte są na pracy zespołów pracowniczych, bardziej związane z klientami i dostawcami, o płaskiej strukturze, elastyczne, zorientowane na jakość, o globalnej orientacji w działalności gospodarczej [3].

Na współczesnym rynku obserwuje się znaczący wzrost indywidualizmu i postaw nabywców – „*I am not a number anymore*”. Ludzie chcą kupować własny i niepowtarzalny styl z wielobranżowej, szerokiej oferty. Tego samego oczekują od samochodu, który często jest postrzegany jako wyróżnik statusu społecznego. Pojawia się pytanie - jakim typem działań wytwórczych jest produkcja samochodu osobowego? Czy jest to produkcja seryjna, która pozwala na wytwarzanie dużych serii powtarzalnych produktów? Może produkcja

masowa pozwalająca na wytwarzanie olbrzymiej liczby identycznych produktów? A może wręcz przeciwnie - produkcja małoseryjna – można przecież pokusić się o stwierdzenie, że w dzisiejszej dobie budowa samochodu osobowego jest pracą rzemieślniczą? Tradycyjny podział typów produkcji nie da nam jasnej odpowiedzi na zadane pytanie. Stąd produkcja samochodu osobowego zaliczana jest do jednego z najważniejszych trendów przyszłości, tzw. „*mass customizing*”. „*Mass customizing*” wymaga zmiany technologicznej, ale przede wszystkim zmiany filozofii produkcji i sprzedaży [2]. Musi charakteryzować się zarówno wysoką wydajnością jak i elastycznością wytwarzania.

## **2. Kształtowanie systemów pracy na przykładzie linii montażowej samochodów osobowych**

Branża motoryzacyjna stała się jedną z najbardziej innowacyjnych i specyficznych gałęzi przemysłu. Wyróżnia ją silna standaryzacja i ogromny nacisk kładziony na jakość. Stąd też istotna jest optymalizacja realizowanych procesów zarówno dla producentów wyrobów gotowych, jak i dostawców komponentów. Zgodnie z wymaganiami współczesnego rynku większość typów samochodów osobowych produkuje się w sposób masowy, standardowy a jednocześnie konfigurowalny na zamówienie. Wynika to z faktu, że jeden model samochodu ma wiele wersji wyposażeniowych, o których decyduje klient. Śmiało można powiedzieć, że produkcja samochodów w dzisiejszym świecie to produkcja „*mass-customizing*”. To wyjaśnia specyfikę procesu montażu – jej ogromną złożoność, dużą automatyzację procesów, wykorzystywanie zaawansowanych technologii informatycznych.

Wprowadzenie wielowariantowości operacji montażowych powoduje większe prawdopodobieństwo popełnienia przez pracowników błędów, co wiąże się z przestojami linii, koniecznością tworzenia magazynów buforowych celem zminimalizowania skutków zakłóceń. W zakładach podejmuje się różne działania mające na celu eliminację postojów, jednym z nich jest np. podnoszenie kwalifikacji pracowników przez szkolenia czy zwiększenie zakresu wykonywanych czynności (uzupełnianych przez operacje kontroli). Kolejnym problemem jest zmienność chłonności rynku co wiąże się z punktu widzenia kosztów montażu ze zmianą taktu pracy linii i zmiany obsady pracowniczej poszczególnych stanowisk w systemie produkcyjnym.

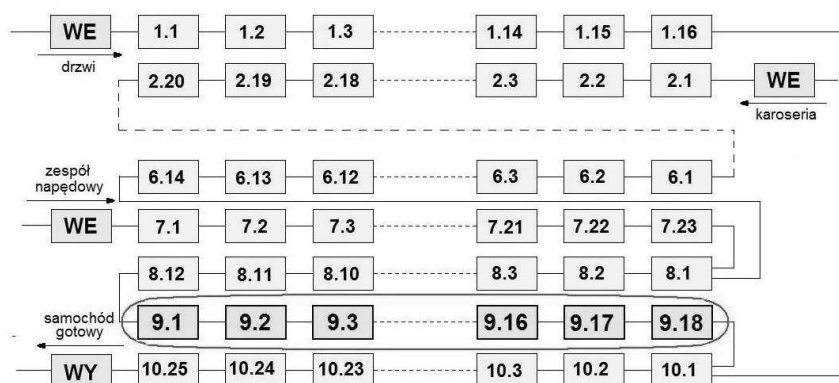
Przykładem takich działań jest przebieg procesu usprawnienia pracy linii montażu samochodów w jednym z zakładów przemysłu motoryzacyjnego.

## **3. Przykład pracy linii montażu samochodów**

Przedstawiony w artykule model pracy linii produkcyjnej w jednym z przedsiębiorstw motoryzacyjnych produkujących samochody osobowe eksploatowany jest zgodnie z przedstawionymi wyżej tendencjami. Odbiega od typowej produkcji masowej czy wielkoseryjnej, montowany na linii samochód jest w dużym stopniu unikalny, nastawiony na indywidualne potrzeby odbiorcy. Warto nadmienić tu, że przedsiębiorstwo, o którym mowa, produkuje samochody tylko i wyłącznie pod konkretne zamówienia klientów. Omawiana linia produkcyjna jest linią nowoczesną w dużym stopniu zautomatyzowaną – wyposażoną w systemy podajników, manipulatorów, urządzeń sterowanych numerycznie oraz całkowicie skomputeryzowany system magazynowania i zarządzania procesem montażu.

W rozpatrywanym przykładowym przedsiębiorstwie motoryzacyjnym linia produkcyjna została podzielona na 10 odcinków (rys.1). Każdy z odcinków zawiera od 12 do 25 stanowisk, na których pracuje od 1 do 3 pracowników.

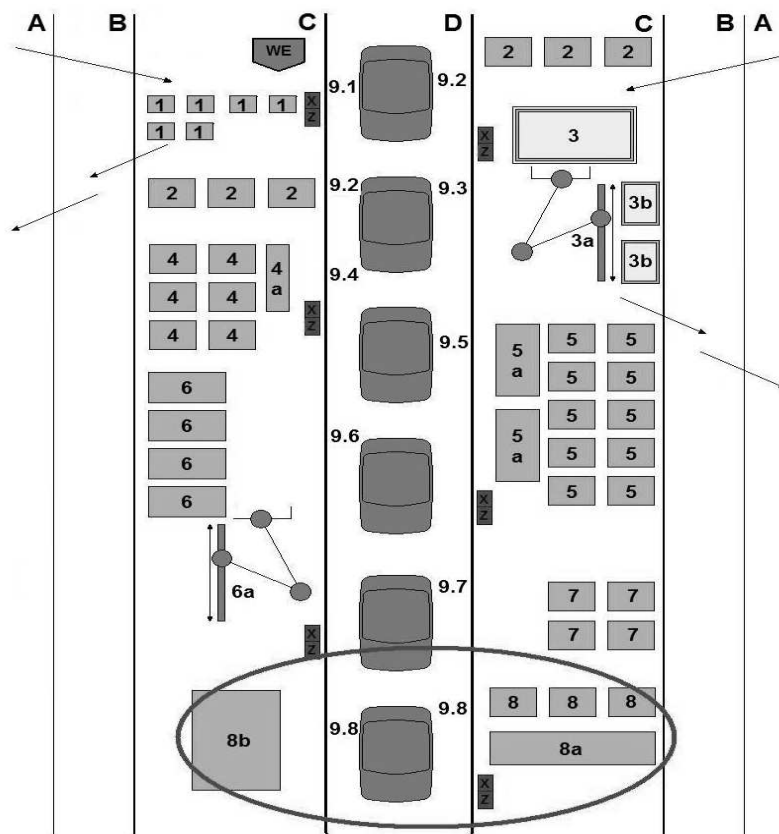
- Odcinek 1 linii jest odcinkiem niezależnym. Znajduje się w górnej części hali montażu. Pierwszą czynnością wykonywaną na tym odcinku jest demontaż drzwi z karoserii, które następnie trafiają na odcinek linii numer 10, gdzie są montowane. Zapobiega to uszkodzeniom mechanicznym drzwi, a także ułatwia prace monterskie. Karoseria bez drzwi jest transportowana na odcinek numer 2.
- Konstrukcja odcinka 2 i 3 to taśmociąg samobieżny. Dzięki temu rozwiązaniu monterzy, instalujący na tym odcinku elementy wiązek instalacji elektrycznej, nie muszą poruszać się wokół karoserii lecz przemieszczają się wraz z nią.
- Na odcinku 4 karoserie mocowane są na zawieszkach – pozwalających na obrót karoserii pod kątem 90 stopni względem osi linii, natomiast pracownicy przemieszczają się obok na taśmociągu.
- Na odcinku 5 karoserie ponownie przemieszczają się tradycyjnym taśmociągiem.
- Odcinek 6 i 8 - karoserie przejeżdżają na zawieszkach ponad głowami pracowników – wysokość zawieszenia nie jest stała – dostosowana jest do czynności, które odbywają się na danym odcinku linii.
- Pominięto odcinek 7 – jest on niezależną linią boczną, na której montuje się zestaw napędowy (silnik + sprzęgło + skrzynia biegów).
- Odcinki 9 i 10 to odcinki, na których kończy się montaż samochodu.



Rys.1. Schemat linii produkcyjnej w analizowanym przedsiębiorstwie motoryzacyjnym  
Źródło: opracowanie własne

O ile omawianą linię montażową aż do 8 odcinka włącznie można uważać za linię do produkcji wielkoseryjnej i masowej, tak od odcinka 9 pojawia się duża odmienność wytwarzanych produktów. Odcinek 9 linii montażowej wymaga zatem wprowadzenia najistotniejszych zmian technologicznych i zastosowanie nowoczesnych metod i technik zarządzania procesami produkcyjnymi, tak aby proces był zarówno wydajny jak i elastyczny. Na rys.2 przedstawiono schemat odzwierciedlający 18 stanowisk roboczych (obsługiwanych zwykle przez 29 pracowników fizycznych) na 9 odcinku linii montażowej

wraz z ich najbliższym otoczeniem oraz opis i zakres czynności na wszystkich stanowiskach badanego odcinka linii.



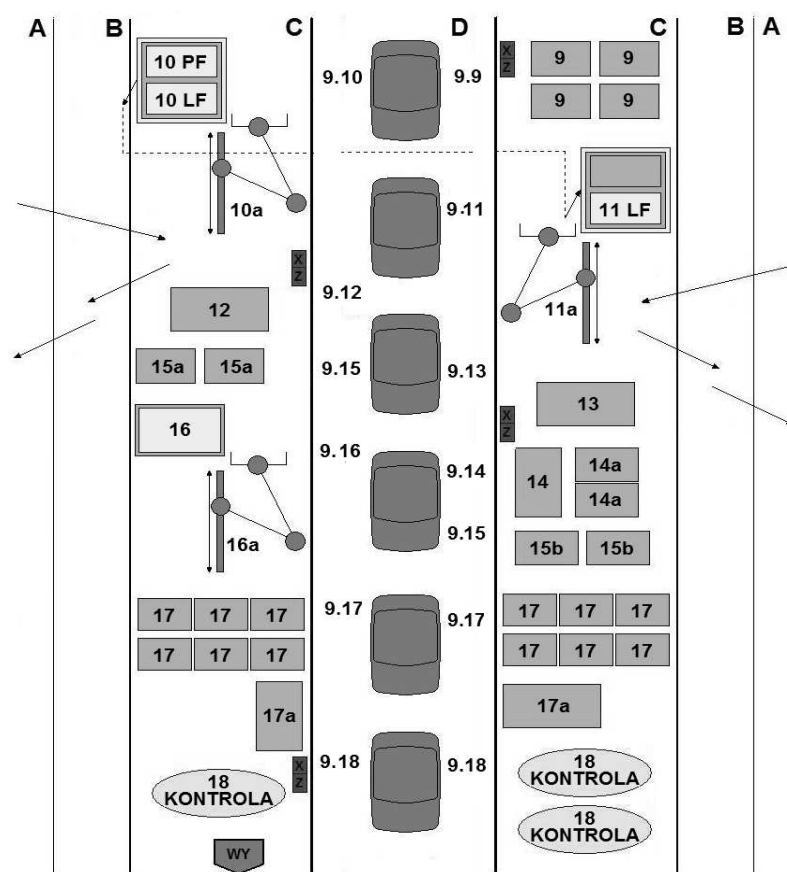
Rys. 2a. Fragment „a” odcinka 9 linii montażowej (czynności 9.1-9.8), (gdzie czynność: 9.1. montaż wykładziny podłogowej, 9.2. montaż uszczelek gumowych maski silnika, klapy bagażnika, i drzwi, 9.3. montaż zestawu chłodniczego, 9.4. montaż hamulca ręcznego i konsoli, 9.5. montaż filtra powietrza, 9.6. montaż akumulatora, 9.7. montaż wygłuszenia silnika i bagażnika, 9.8. montaż spoileru i kanapy tylnej), A – strefa transportu wewnątrzzakładowego, B – strefa składowania pustych palet, C – strefa składowania części do montażu, D – strefa montażu bezpośredniego

Źródło: opracowanie własne

W każdym procesie produkcyjnym wytwarzany produkt musi przejść przez kolejne stanowiska w określonym czasie, który został przypisany do tych stanowisk. Z przeprowadzonych badań wynika że najwięcej zakłóceń w ramach 9 odcinka linii występuje na stanowisku roboczym 9.8 – stanowisku montażu spoileru i kanapy tylnej.

Na niektórych stanowiskach pracy powstają zakłócenia, których eliminacja wiąże się z dużymi nakładami finansowymi. Odcinki te, a szczególnie odcinek 9, są bardzo często

zatrzymywane w celu skorygowania błędu. Dlatego pomiędzy tymi odcinkami zbudowano magazyn „gotowych” samochodów usytuowany pod dachem hali, który pozwala na pracę odcinka 10 nawet podczas przestoju poprzedzających go linii. I odwrotnie – podczas problemów na odcinku 10 hala nie przerywa pracy, a samochody trafiają na magazyn. Na podstawie analizy przeprowadzonych badań stwierdzono, że odcinek 9 linii jest wąskim gardłem badanego systemu montażu. Dlatego w dalszej części opracowania omawiane będą tylko problemy 9 odcinka linii montażowej rys.2.



Rys. 2b. Fragment „b” odcinka 9 linii montażowej (czynności 9.9-9.18), (gdzie czynność: 9.9. montaż przegrody silnika, 9.10. załadunek przedniego fotela – prawa strona, 9.11. załadunek przedniego fotela – lewa strona, 9.12. montaż fotela przedniego – strona prawa, 9.13. montaż fotela przedniego – strona lewa, 9.14. montaż komputera pokładowego, 9.15. montaż nadkoli wewnętrznych i dokręcanie podłużnic, 9.16. montaż tylnej belki ze zderzakiem, 9.17. montaż wlewu i zbiornika paliwa, 9.18. stanowiska kontrolne), A – strefa transportu wewnątrzzakładowego, B – strefa składowania pustych palet, C – strefa składowania części do montażu, D – strefa montażu bezpośredniego

Źródło: opracowanie własne

Szczegółowy opis czynności dla stanowiska 9.8. – montaż spoileru i kanapy tylnej jest następujący: 1 - zeskanowanie numeru części i numeru VIN pojazdu, 2 – zamknięcie pokrywy bagażnika, 3 – odbiór spoileru z palety, 4 – centryczne ustawienie spoileru w pokrywie bagażnika, 5 – montaż spoileru, 6 – kontrola ustawienia przewodu ujemnego w lewej części komory silnika, 7 - przejście do następnego pojazdu, 8 – montaż zmieniarce płyt CD, 9 – montaż bezpiecznika w wersji z drugą turbiną powietrza, 10 – montaż bezpiecznika ogrzewania tylnej szyby, 11 - montaż bezpiecznika ogrzewania przedniej szyby, 12 – montaż przełącznika intercoolera w skrzynce bezpiecznikowej, 13 – montaż przełącznika w wersji *cold-climate*, 14 – montaż przełącznika w wersji *twin-speed*, 15 – montaż przełącznika – klimatyzacja, 16 – montaż dwóch przełączników w wersji *diesel*, 17 – kontrola stanu powłoki lakierniczej spoileru, 18 – wymiana baterii we wkrętarnie /spoiler/, 19 – wymiana baterii we wkrętarnie /zmieniarce CD/.20 – wymiana pustego kartonu z przełącznikami, 21 – wymiana pustego kartonu z bezpiecznikami, 22 – wymiana baterii w skanerze, 23 – demontaż 10-ciu klipsów zabezpieczających dach /wersja *cabrio*/, 24 – otwarcie dachu /*cabrio*/, 25 – kontrola ustawienia szyby tylnej podczas otwierania dachu /w wersji *cabrio*/, 26 – test ustawienia zaczepów mocujących w pokrywie bagażnika /*cabrio*/, 27 – odbiór oparć i zagłówków z windy, 28 – odbiór kanapy z windy, 29 – wzrokowa kontrola wyglądu kanapy, 30 – wzrokowa kontrola wyglądu oparć i zagłówków, 31 – kontrola szkieletu stelaża kanapy, 32 – kontrola poprawnego działania zamków pasów bezpieczeństwa, 33 – kontrola poprawnego montażu zaczepów *isofix* i ich zamknięcie, 34 – kontrola naklejki bezpieczeństwa na akumulatorze, 35 – kontrola ustawienia zamka mocującego oparcia do płyty podwozia, 36 – kontrola ustawienia zamków oraz klipsów mocujących oparcia w ścianach bocznych karoserii, 37 – kontrola zapadek zagłówków, 38 – kontrola działania zamków składania oparć tylnych, 39 – montaż kanapy, 40 – montaż uchwytów *isofix*, 41 – ułożenie tylnych pasów bezpieczeństwa w uchwytach oparć, 42 – montaż gumowej maty (w uchwycie na napoje), 43 – montaż gumowej maty (w popielniczce), 44 – montaż gumowej maty (hamulec ręczny), 45 – montaż wkładek zamków w oparciach, 46 – montaż zagłówków, 47 – montaż oparć, 48 – wymiana pustego kartonu/palety z częściami gumowymi (matami).

Źródła literaturowe, np. publikacje [1, 4, 5, 6, 7], w sposób ogólny przedstawiają zagadnienia zapewniania jakości w procesie produkcyjnym. Każdy problem występowania błędów w produkcji wymaga indywidualnej analizy, określenia przyczyn występowania, ustalenia sposobów zapobiegania.

Dla rozpatrywanego odcinka linii (stanowisko 9.8) przyjęto, że przyczyną błędów jest czynnik ludzki, precyzyjniej poziom kwalifikacji pracowników i przewidziany czas na wykonanie pracy. Wśród wyżej wymienionych wykonywanych na stanowisku czynności wytypowano prace, które są najczęstszą przyczyną powstających zakłóceń, zakres wykonywania tych czynności poszerzono o działania kontrolne. Na podstawie danych pochodzących z praktyki produkcyjnej przeprowadzono analizę ABC dla błędów powstających w procesie montażu na linii samochodów osobowych. Przykładową analizę przeprowadzoną dla stanowiska 9.8. - stanowisko montażu tylnej kanapy i spoileru przedstawiono na rys.3.



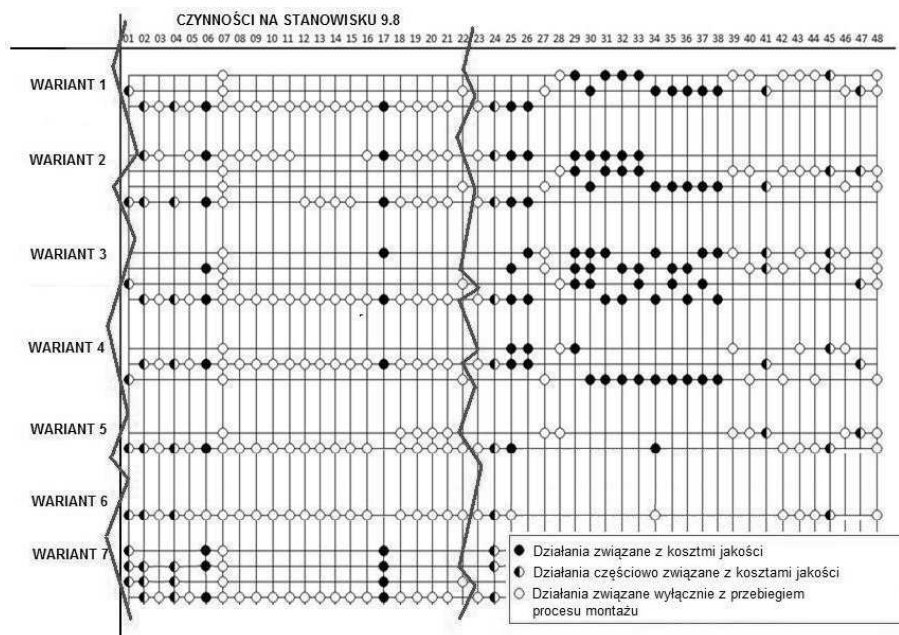
Rys. 3. Czas tracony w wyniku błędów w montażu w zależności od typu błędu  
Źródło: opracowanie własne

Analiza według metody ABC pozwoliła określić czynności montażowe, które generują najwięcej błędów i zajmują wysoką pozycję w całkowitej wartości kosztów związanych z ich usuwaniem.

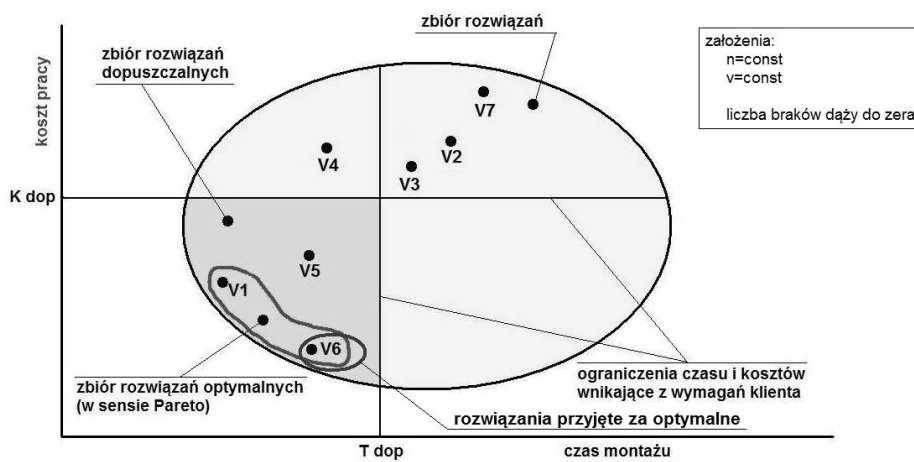
Zakład produkuje ok. 400 samochodów na jedną zmianę, na które potrzebne jest 2400 jednostek czasowych. Stąd produkcja jednego samochodu trwa ok. 6 jednostek czasowych. W dalszej części badań analizowane zostaną wyłącznie błędy z grupy A z analizy ABC - błędy: Y - wadliwy montaż mocowań isofix, B - wadliwy montaż spoileru, W - wadliwy montaż wkładek zamków w oparciach, U - wadliwy montaż kanapy, O - niekompletny lub pominięty demontaż klipsów – cabrio.

Błędy te są determinantami błędów montażu i wysokich czasów i kosztów ich naprawy. W celu wyeliminowania błędów wymaga się od pracowników bezpośrednio produkcyjnych ścisłego przestrzegania procedur podczas procesu montażu. Istotne jest również zwiększenie kontroli gotowych wyrobów w tym zakresie jak również stałe nadzorowanie tych czynności przez kontrolera lub wprowadzenie „skoczka” (zwiększenie funduszu czasu pracy przy tym samym takcie).

W celu zrationalizowania systemu pracy na tym stanowisku stosownie do warunków organizacyjnych zakładu (dostosowania do wymagań wydajnościowych i jakościowych) przeprowadzono na nim symulacje różnych sposobów przebiegów pracy rys. 4.



Rys. 4. Przykładowe warianty przebiegu procesu na stanowisku 9.8. w zależności od obsady pracowniczej - kontroler, „skoczek”  
 Źródło: opracowanie własne

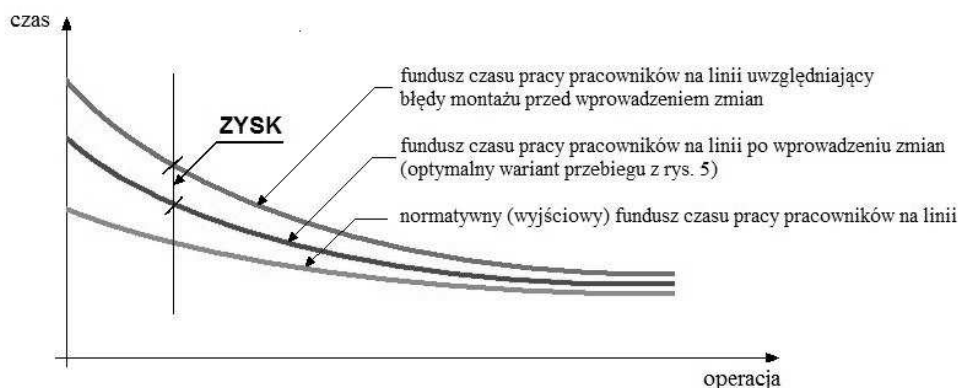


Rys. 5. Optymalizacja struktury przebiegu procesu montażu w sensie Pareto, przy spełnieniu wymagań jakościowych.  
 Źródło: opracowanie własne

Z optimum w sensie Pareto wybrano rozwiązanie o najniższych kosztach przy zachowaniu założonej wydajności pracy linii - rys. 5.



Zwiększenie czasów wykonania czynności, wprowadzenie dodatkowej kontroli, wprowadzenie nowego pracownika – „skoczka” spowoduje zwiększenie nakładu czasu pracy (przy nie zmienionej wydajności linii), co wpłynie na zwiększenie kosztów eksploatacji linii montażowej. Z drugiej strony obniży straty czasu związane z wadliwym montażem – rys. 6.



Rys.6. Czas tracony w wyniku błędów w montażu po wprowadzeniu zmiany systemu pracy na montażu (Źródło: opracowanie własne)

## 5. Podsumowanie

Przy różnych wariantach montowanych samochodów następuje zmiana czasów wykonywania poszczególnych czynności oraz ze względu na niepowtarzalność wykonywanych prac zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia błędów popełnianych przez pracowników.

Przy zwiększonej różnorodności robót zachodzi potrzeba wprowadzenia dodatkowych działań kontrolnych. Zachodzi w takich przypadkach potrzeba zastosowania na stanowiskach pracy współczesnych metod organizacyjnych produkcji jak np. metodę 5S, SMED itd.

Występują zakłócenia pracy wynikające z potrzeby zmiany taktu linii. Pojawia się potrzeba zatrudnienia pracowników o różnych kwalifikacjach. Podobna sytuacja wstępuje przy zróżnicowanych zapotrzebowaniach na finalne wyroby wynikające ze zmieniającego się rynku zbytu. Z punktu widzenia wydajności pracy do zmniejszonej wartości taktu linii można zmniejszyć zatrudnienie i dostosować do wymagań kwalifikacje zatrudnionych pracowników.

Przy analizie kosztowej wariantów przebiegu procesów montażu konieczne jest zastosowanie dokładnej analizy kosztowej wykonywanych czynności podpartą analizą czasów realizowanych prac na poszczególnych stanowiskach.

W każdym przypadku, przy określeniu w danych warunkach organizacyjnych najlepszego wariantu można posłużyć się wielokryterialną optymalizacją w sensie Pareto. Ze względu na konieczność zachowania poufności danych, w artykule przedstawiono tok

postępowania bez podania wartości liczbowych związanych z konkretnym rozwiązaniem zagadnienia.

### **Literatura**

1. Kołosowski M.: Kalkulacja kosztów jakości produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Zarządzanie Przedsiębiorstwem, nr 2/2008., s. 7-22.
2. Płoszajski P.(red.): Przerażony kameleon. Eseje o przyszłości zarządzania. Fundacja Rozwoju Edukacji Menedżerskiej SGH, Warszawa, 2005.
3. Matuszek J.: Inżynieria produkcji. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Filia w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała, 2000.
4. Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka. PWN, Warszawa, 2005.
5. Kaplan R. S., Cooper R.: Zarządzanie kosztami i efektywnością. Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2002.
6. Bagiński J. (red.): Zarządzanie jakością. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2004.
7. Skrzypek E.: Jakość i efektywność. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, 2000.
8. Mikulczyński T.: Automatyzacja procesów produkcyjnych. WNT, Warszawa, 2006.

Prof. dr hab. inż. Józef MATUSZEK  
Mgr inż. Ewa GOLIŃSKA  
Katedra Inżynierii Produkcji  
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki  
Akademia Techniczno-Humanistyczna  
43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2  
tel./fax.: (0-33) 827 92 53