

# **MODYFIKACJE LINII PRODUKCYJNEJ W WARUNKACH ZREDUKOWANEJ LICZBY PRACOWNIKÓW**

**Kamil KROT, Mateusz JĘDRZEJÓW**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono proces przeorganizowania produkcji spowodowany zmniejszeniem liczby pracowników produkcyjnych. Przedstawiono nowy podział czynności pracowników na wybranej linii w firmie produkującej pasy bezpieczeństwa. Opracowano projekt nowej linii produkcyjnej, wyposażonej w nowoczesne stanowiska pracy, ale obsługiwanej przez mniejszą liczbę pracowników. Wybrano konfiguracje czynności, jakie będą wykonywać pracownicy na nowej linii produkcyjnej, przeprowadzono analizę opłacalności wykorzystania w produkcji nowej linii.

**Słowa kluczowe:** organizacja produkcji, linia produkcyjna

## **1. Wprowadzenie**

Przeorganizowanie linii produkcyjnej przeprowadzono w warunkach redukcji jednego pracownika w zakładzie zajmującym się produkcją i dystrybucją pasów bezpieczeństwa w pojazdach. Przeprowadzona analiza jest efektem długoletniego planu, który zakłada zwrot kosztów pracy jednego pracownika na linii produkcyjnej.

Automatyzacja procesów wytwórczych spowodowała gwałtowny wzrost szybkości wytwarzania produktów [4, 7]. Wytwarzane wyroby muszą przejść przez kolejne stanowiska w procesie produkcyjnym, zachowując odpowiednią kolejność oraz wyznaczony do tego przejścia czas. W zależności od potrzeb i charakterystyki detalu, który jest produkowany stosowana jest odpowiednia liczba stanowisk. Linie produkcyjne powstały, aby zwiększyć wydajność zakładów, a przede wszystkim zminimalizować czasy pośrednie oraz czasy transportu. W omawianej firmie stosowany jest liniowy sposób organizacji produkcji. W ramach omawianego projektu obowiązki pracownika zostały przekazane pozostałym pracownikom linii produkcyjnej. W celu zapewnienia wymaganej zdolności produkcyjnej linii nieodzownym zabiegiem jest unowocześnienie procesu przez zastosowanie nowoczesnych, wydajnych stanowisk pracy.

Podstawowym problemem, z jakim od dłuższego czasu boryka się zarząd omawianej firmy jest coraz mniejsza liczba pracowników chcących podjąć pracę bezpośrednio na produkcji. Powodem tego może być stale zmniejszająca się stopa bezrobocia w Polsce od roku 2013. Stopa bezrobocia BAEL - Badania Aktywności Ekonomicznej Ludności dla Polski w ostatnim kwartale 2016 roku spadła do wartości 5,9%, co stanowi najniższą wartość od blisko 20 lat. W otoczeniu omawianego zakładu produkcyjnego stopa bezrobocia sięga 7,3%, co daje około 2900 tysięcy bezrobotnych, a więc nie tylko to może być bezpośrednią przyczyną problemów kadrowych. Innym powodem są wysokości zarobków. Wpływa na to bezpośrednie sąsiedztwo firm zlokalizowanych w specjalnych strefach ekonomicznych, które oferują wyższe zarobki, co powoduje problemy z kadrą w omawianej firmie. Poza tym jest dużo przypadków, gdzie pracownicy już przeszkoleni i zatrudnieni w tej firmie rezygnują z pracy przenosząc się do innego zakładu, zachęceni wyższymi zarobkami [1, 2, 5, 6].

Sytuacja na rynku pracy wymusza więc podniesienie stawek, nie tylko w wyniku obowiązków wynikających z ustawy o płacy minimalnej, ale z uwagi na sytuację ekonomiczną w regionie. Chcąc zachować niezmienną dochodowość działalności zarząd firmy podjął decyzję o przeprowadzeniu projektu zmierzającego do przeorganizowania linii produkcyjnej w warunkach zredukowanej liczby pracowników.

## **2. SMED - Single Minute Exchange of Die - skracanie czasów przebrojeń maszyn i urządzeń**

W dawnym rozumieniu produkcji zakładano, że czas przebrojenia jest wartością stałą dla stanowiska niezależnie od planowanych operacji, stopniowo jednak zastosowano redukcję czasu przebrojenia, aż do czasu, gdy Shigeo Shingo przedstawił rewolucyjną metodę przebrajania. SMED to Single Minute Exchange of Die, i jest to metoda, która zakłada przebrajanie maszyn w liczbie pojedynczych minut. Przebrajanie maszyn za pomocą SMED jest metodą bardzo łatwą i zrozumiałą zarówno dla projektantów, inżynierów projektowych jak i przede wszystkim dla pracowników. Do chwili pojawienia się kard SMED zdarzało się tak, że kierownik produkcji nie zdawał sobie sprawy, jak duży koszt generowany jest podczas produkcji w dużych partiach. Naprzeciw temu wychodzi SMED, który zakłada poprawę produkcji poprzez zmniejszenie partii produkcyjnych. Metoda Single Minute Exchange of Die zmniejsza koszty przebrajania na partię, ale jednocześnie nie musi być korzystna patrząc na koszty przebrajania na jednostkę. Jest to nieprzypadkowe, ponieważ priorytetem jest zwiększenie elastyczności produkcji, a później obniżenie kosztów. Chcąc określić czas całkowity produkcji należy znać czas przebrojenia wówczas metoda pozwala na ujednoczenie czasu przebrojenia przez stworzenie jednego modelu pracy, dzięki któremu każdy pracownik będzie mógł wykonywać poszczególne operacje związane z przebrojeniem właściwie i w podobnym czasie [3, 4].

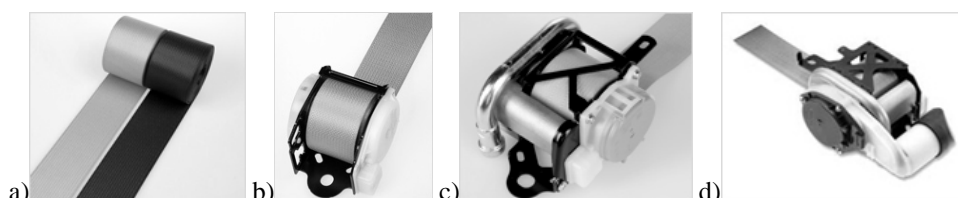
## **3. Wyjściowa postać linii produkcyjnej**

Omawiane przedsiębiorstwo produkujące pasy bezpieczeństwa, ma swoją siedzibę na terenie Azji i posiada zakłady produkcyjne na czterech kontynentach. Dewizą zakładu jest odkrywanie coraz to nowszych technologii w dziedzinie bezpieczeństwa pasażera samochodu i dzielenie się tym ze światem, by zmniejszyć liczbę ofiar śmiertelnych w wypadkach drogowych. Wysoka jakość oferowanych produktów sprawia, iż bardzo skutecznie pomagają utrzymać ludzi przy życiu podczas wypadku lub zdarzenia drogowego. Produkty zaprojektowano tak, by działały natychmiastowo w sytuacji zagrożenia, w celu zapewnienia bezpieczeństwa pasażerom. Technologie stosowane w tym zakładzie pozwalają angażować wszystkie systemy, które wspomagają bezpieczeństwo, jak również podnoszą komfort jazdy. Tworzy się w ten sposób jeden zintegrowany system bezpieczeństwa.

Oddział, w którym zostanie przeprowadzona modyfikacja linii produkcyjnej zajmuje się produkcją tylko pasów bezpieczeństwa (rys. 1). Zakład otrzymuje komponenty od dostawców głównie zagranicznych, a na miejscu następuje jedynie ich montaż w półwyroby i wyroby gotowe. Zakład zatrudnia około 600 pracowników, a sama produkcja przebiega w systemie ciągłym. Oddział ten na przestrzeni ostatnich lat wykazywał tendencje wzrostową w zakresie przychodów ze sprzedaży.

Na terenie firmy znajduje się: hala produkcyjna, magazyn, biura inżynierów produkcji, dział logistyki, utrzymania ruchu, kadr, działu jakości, sale treningowe, jadalnia itd. Teren

otoczony jest parkingiem z wyznaczonym miejscem załadunku towarów. Oprócz tego w osobnym budynku na terenie firmy znajduje się budynek testów wytrzymałościowych, w którym przeprowadzane są testy każdej nowej części, która przychodzi do zakładu, każdego nowego modelu, oraz po jednym modelu, z każdego zamówienia, jakie produkowane jest na hali produkcyjnej.

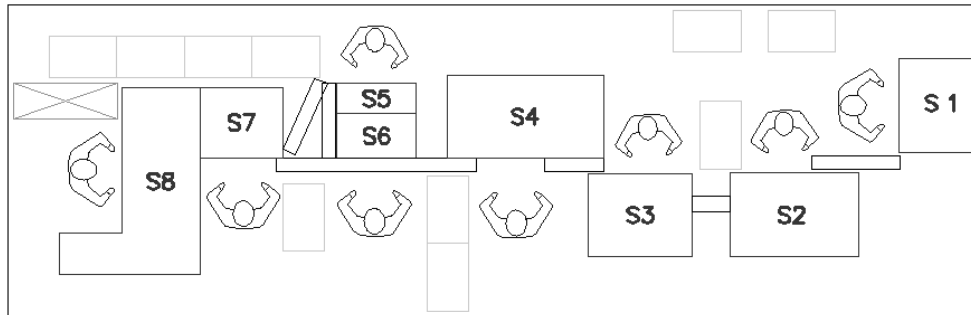


Rys. 1. Przykładowe komponenty pasów bezpieczeństwa wytwarzanych w omawianym zakładzie: a) pasy tekstylne, b) mechanizm zwijający z pasem, c) napinacz gazowy, d) napinacz z wbudowanym napędem.

Na samej hali produkcyjnej znajduje się wiele linii montażowych i produkcyjnych, które podzielone są na trzy grupy. Pierwsza grupa dotyczy linii, na których montowane są podzespoły, które dostarczane są do linii montażowych za pomocą osób transportujących lub odkładane do magazynu jako zapas na przyszłą produkcję. Na tych liniach wykonywane są między innymi piasty, kasety, elementy napinacza paska takie jak rury, itp. Druga grupa dotyczy montażu samego urządzenia i wśród tych linii jest linia numer „52”, która poddana będzie optymalizacji. Na takich liniach składane są całe mechanizmy począwszy od samej ramy, aż do etapu konieczności dodania samego pasa. Części dostarczane są z magazynu jak również z linii produkujących podzespoły. Trzecia grupa dotyczy montażu pasa, czyli tak zwana sekcja szyjąca. Jest to ostatni etap produkcji, na którym przeszkolony personel, wykorzystując odpowiednie maszyny, zaszywa pasy.

Rodzajów pasów jest wiele i zależą od marki samochodu oraz preferencji klienta, bo zarówno sama faktura pasa, kolor jak również rodzaje części za montażu i samego zapinania pasów mają wiele konfiguracji. Elementem finalnym na tej linii jest tak zwany test mechaniczny, podczas którego pracownik umieszcza cały mechanizm w gnieździe, a maszyna poddaje go szeregom testów, które mają za zadanie sprawdzenie wszystkich systemów działającym w mechanizmie gotowych pasów bezpieczeństwa. Poza tym sztuka z każdej partii przechodzi skrupulatne testy sprawdzające w dziale kontroli jakości. Gotowe sztuki wywożone są do magazynu wyrobów gotowych, a później wysyłane do klienta.

Linia produkcyjna, najistotniejsza z punktu widzenia powodzenia projektu, według menadżerów zakładu działa dobrze, choć występują na niej duże przerwy w pracy pracowników. Wytwarza się na niej te same modele produktów, co na linii, która jest planowana w roku 2017. Jest to linia numer „52”. Wykonuje się na niej montaż samego urządzenia, to znaczy bez pasa, który jest montowany na osobnej linii i następnie wysyłany do klienta. Jak na większości linii, w tym zakładzie, pracuje tu 8 osób, z czego każda ma przyporządkowane stanowisko, które obsługuje przekazując wykonany przez siebie element na kolejną stację, aż do uzyskania całego urządzenia, po uprzednim sprawdzeniu go na stanowisku kontrolnym przez kontrolę jakości. Wyjściowy Layout omawianej linii przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 2. Layout wyjściowy linii produkcyjnej pasów bezpieczeństwa numer „52”.

Linia zbudowana jest z ośmiu stanowisk podpisanych od „S1” do „S8”. Poszczególne stanowiska, pokazane na rys. 2 to:

1. S1 – Montaż napinacza.
2. S2 – Nabijanie kulek napinacza.
3. S3 – Nitowanie rury napinacza.
4. S4 – Montaż ramy.
5. S5 – Montaż sensorów.
6. S6 – Montaż ramy z sensorami.
7. S7 – Montaż kasety.
8. S8 – Kontrola jakości.

Kolejność nie jest przypadkowa, ponieważ odwzorowuje kolejność wykonywania operacji, których efektem jest całe urządzenie. W widoku z góry przedstawiono operatorów, oraz kierunek ich ustawienia w stosunku do maszyny. Prostokąty łączące stanowiska „S” obrazują rozmieszczenie rolek transportowych, za pomocą których poszczególne części są dostarczane na odpowiednie stanowiska. Przekreślony prostokąt po lewej to miejsce, na którym pracownik na stanowisku ósmym, czyli kontroli jakości odkłada wyroby gotowe do skrzynek lub kartonów ułożonych na wózkach. Prostokąt przylegające do stanowisk „S” to regały z częściami potrzebnymi do produkcji na tej linii. Na każdej linii na regałach znajdują się elementy potrzebne do produkcji tylko na tej linii. Części są przewidziane do wszystkich rodzajów produkowanych wyrobów na danej linii i zmienia się je tylko ze stanowiska na półkę w zależności od aktualnie produkowanego modelu. Wymiary linii „52” to 3,00 x 9,37 [m], zajmuje ona 28,11[m<sup>2</sup>] powierzchni zakładu. Takt pracy, jaki wyznaczyła firma na tą linię, wynosi 23,2 [s] przy założeniu 155 [szt.] na godzinę.

### 3.1. Pomiar czasów na stanowiskach linii numer „52”

Stanowisko do montażu napinacza „S1” jest stanowiskiem maszynowym, od którego zaczyna się cały proces montażu. Za pomocą komponentów dostarczonych z magazynu pracownik dokonuje montażu napinacza. Pracownik za pomocą wyznaczonej do produkcji karty SMED (ang. Single Minute Exchange of Die - przezbieranie maszyn w czasie pojedynczych minut) wybiera odpowiedni program maszyny, który różni się w zależności od rury potrzebnej do produkcji. Karta SMED wykorzystywana jest również przy doborze odpowiednich komponentów. Potrzebne są: szkielety napinacza, gniazda kulkowe, miedziane łączniki, bezpieczniki gniazda kulkowego, pokrywy napinacza oraz rury, które to zostały dostarczone w postaci podzespołów.

W przypadku, gdy takich części nie ma na półkach przydzielonych do linii numer „52” pracownik skanuje kod części dając tym samym sygnał do pracowników zajmujących się dostarczaniem komponentów o ich braku. W taki sposób osoba transportująca musi jak najszybciej dostarczyć zamówione części, aby nie dopuścić do przestoju produkcji na tym stanowisku. Gdy pracownik ma przebrojoną maszynę oraz wszystkie potrzebne części skanuje się za pomocą swojej karty pracowniczej i po zatwierdzeniu produkcji na stanowisku kontrolnym proces rusza. Operacje na stanowisku „S1” do montażu napinacza to:

1. Pobranie szkieletu napinacza oraz gniazda kulkowego.
2. Połączenie szkieletu i gniazda.
3. Pobranie i montaż łącznika do zespołu.
4. Pobranie i montaż bezpiecznika gniazda kulkowego do zespołu.
5. Umieszczenie złożonej podstawy napinacza w maszynie.
6. Pobranie i montaż rury.
7. Wsuniecie szuflady maszyny.
8. Zdjęcie i wysunięcie szuflady maszyny.
9. Pobranie i nałożenie pokrywy napinacza.
10. Wsuniecie szuflady maszyny.
11. Zagniatanie i wysunięcie szuflady maszyny.
12. Umieszczenie napinacza do pomiaru zagniatania.
13. Pomiar zagniatania.
14. Odłożenie napinacza na rolki transportowe.

Czasy poszczególnych operacji oraz całości montażu napinacza zostały przedstawione w tabeli 1.

Tab. 1. Czasy operacji na stanowisku „S1” do montażu napinacza w dziesięciu próbach P”.

numer oper.	średni czas [s]	P1 [s]	P2 [s]	P3 [s]	P4 [s]	P5 [s]	P6 [s]	P7 [s]	P8 [s]	P9 [s]	P10 [s]
1	1,21	1,14	1,24	1,25	1,41	1,14	1,18	1,15	1,19	1,19	1,18
2	1,75	1,90	1,80	1,73	1,71	1,81	1,64	1,59	1,78	1,91	1,66
3	2,60	2,82	2,62	2,41	2,62	2,46	2,24	2,67	2,75	2,62	2,81
4	1,32	1,21	1,32	1,25	1,19	1,21	1,19	1,21	1,24	1,70	1,65
5	1,09	1,02	1,05	1,25	1,06	1,01	0,99	1,15	1,16	1,17	1,06
6	3,24	3,10	3,60	3,18	3,29	3,19	3,24	3,17	3,19	3,29	3,11
7	0,61	0,63	0,60	0,65	0,64	0,51	0,67	0,53	0,55	0,69	0,59
8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	1,31	1,15	1,18	1,18	1,12	1,14	1,29	1,44	1,42	1,73	1,48
10	0,62	0,63	0,60	0,53	0,67	0,67	0,63	0,68	0,59	0,62	0,57
11	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
12	1,11	1,13	1,16	1,02	1,13	1,11	1,09	1,12	1,13	1,11	1,14
13	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
14	0,76	0,74	0,71	0,79	0,63	0,75	0,78	0,67	0,75	0,84	0,92
suma:	<b>19,52</b>										

Do pomiaru całości czasu nie brano pod uwagę czasów na wykonywanie zdjęć przez maszynę jak i samego procesu zagniatania, ponieważ pracownik w tym czasie wykonuje

wstępne montaż do kolejnych części i czynności wykonywane przez maszynę nie wpływają na końcowe zwiększenie się czasów. W ciągłej produkcji czas, w którym maszyna wykonuje procesy pracownik buduje kolejną sztukę tak, aby przepływ procesu był jak najlepszy. Stanowisko to generuje sztukę średnio co 20,66 [s].

W podobny sposób poddano pomiarom pozostałe stanowiska od „S1” do „S8”, wyniki przedstawiono w zbiorczej tabeli 2.

Tab. 2. Średnie, łączne czasy trwania operacji na stanowiskach linii „52”.

Numer stanowiska	Średni łączny czas [s]
S1	19,52
S2	17,57
S3	13,69
S4	18,39
S5	13,63
S6	9,19
S7	16,26
S8	12,83
suma:	<b>121,08</b>

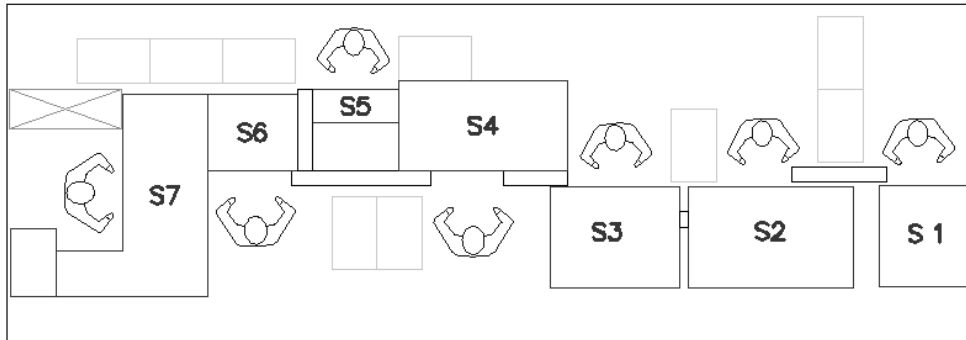
Przedstawione pomiary stanowią odniesienie przed modyfikacją linii „52” i będą porównywane z wartościami uzyskanymi po wprowadzonych zmianach.

#### 4. Modyfikacja linii produkcyjnej „52”

Firma planuje otwarcie dodatkowej linii produkcyjnej, która zwiększy możliwości wytwórcze, a jednocześnie będzie wzorcem dla pozostałych linii znajdujących się w zakładzie. Bazą jest linia „52”, która najbardziej przypomina możliwościami produkcyjnymi to, czego oczekuje się od nowej linii nazwanej numerem „60”. Priorytetem modernizacji jest eliminacja jednego pracownika i rozkład jego czynności tak, aby produkcja była rozłożona równomiernie na wszystkich stanowiskach. Poza tym główne założenia to:

- nowe modele maszyn na stanowiskach do nabijania kulek i nitowania rury,
- zmiana rozmieszczenia stanowisk - layout,
- brak utraty wydajności procesu produkcji,
- eliminacja przestojów na stanowiskach,
- modernizacja czynności wykonywanych przez pracowników oraz dodanie zupełnie nowych czynności związanych z prototypowymi modelami urządzeń.

W stosunku do linii „52” nowa linia zmieni się rozmieszczeniem stanowisk. Podstawową zmianą jest brak jednego stanowiska, co wpłynęło na zmniejszenie powierzchni linii jak i rozstaw regałów oraz pozycje pracy pracowników. Zmianę widać również w ułożeniu pierwszego stanowiska, którego usytuowanie skróciło czas transportu napinacza pomiędzy pierwszym a drugim stanowiskiem. Poza tym nowe maszyny zmieniły gabaryty stanowisk. Layout nowej linii „60” przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Layout nowej linii produkcyjnej numer „60”.

Nowe wymiary linii to 3,00 x 8,61 [m], czyli 25,83 [m<sup>2</sup>] powierzchni zakładu. W porównaniu do linii „52” zaoszczędzone zostało około 2,28 [m<sup>2</sup>]. Na rys. 3 zaznaczono siedem, a nie jak w przypadku linii „52” osiem stanowisk. Oprócz zmiany liczby stanowisk zwiększyły się gabaryty stanowisk „S3” i „S3”, z uwagi na zmianę rodzaju maszyny. Podobnie jak w linii „52” prostokąty łączące stanowiska oznaczają rolki transportowe. Bardziej zwarte rozmieszczenie stanowisk skraca czas transportowy pomiędzy stanowiskami. Pracowników, podobnie jak stanowisk, jest siedmiu, nie ośmiu jak w linii „52”. Ponadto na stanowisku „S1” zmieniło się ustawienie pracy operatora. Prostokąty przy stanowiskach i operatorach oznaczają regały. Rozmieszczenie regałów zostało zmieniono i zredukowana ich liczbę o jeden. Powodem tego jest zbędny regał na stanowisku montażu kasety z sensorami, którego na tej linii nie ma. Element, który uległ najmniejszej zmianie to załadunek całego urządzenia. Jedyne zmiany są związane z położeniem z uwagi na zmniejszenie gabarytów linii produkcyjnej.

#### 4.1. Pomiar czasów na stanowiskach linii „60”

Ułożenie stanowiska montażu napinacza - „S1” na zmodyfikowanej linii nie uległo zmianie, natomiast, z uwagi na nowy projekt, w budowie napinacza dodano część w postaci miedzianej blaszki, która montowana jest bezpośrednio razem z rurą na gotowym podzespołe. Operacje na stanowisku „S1” do montażu napinacza to:

1. Pobranie szkieletu napinacza oraz gniazda kulkowego.
2. Połączenie szkieletu i gniazda.
3. Pobranie i montaż łącznika do zespołu.
4. Pobranie i montaż bezpiecznika gniazda kulkowego do zespołu.
5. Umieszczenie złożonej podstawy napinacza w maszynie.
6. Pobranie, orientacja i montaż miedzianej blaszki.
7. Pobranie i montaż rury.
8. Wsuniecie szuflady maszyny.
9. Zdjęcie i wysunięcie szuflady maszyny.
10. Pobranie i nałożenie pokrywy napinacza.
11. Wsuniecie szuflady maszyny.
12. Zagniatanie i wysunięcie szuflady maszyny.
13. Umieszczenie napinacza do pomiaru zagniatania.
14. Pomiar zagniatania.
15. Odłożenie napinacza na rolki transportowe.

Czasy poszczególnych operacji oraz całości montażu napinacza zostały przedstawione w tabeli 3.

Tab. 3. Czasy operacji na stanowisku „S1” do montażu napinacza po zmianach

numer oper.	średni czas [s]	P1 [s]	P2 [s]	P3 [s]	P4 [s]	P5 [s]	P6 [s]	P7 [s]	P8 [s]	P9 [s]	P10 [s]
1	1,55	1,55	1,46	1,45	1,45	1,51	1,66	1,53	1,54	1,65	1,66
2	1,22	1,29	1,15	1,36	1,14	1,23	1,14	1,12	1,25	1,16	1,34
3	2,62	2,62	2,65	2,79	2,65	2,45	2,81	2,65	2,58	2,49	2,47
4	1,58	1,59	1,64	1,49	1,58	1,78	1,38	1,67	1,38	1,63	1,61
5	1,09	1,09	1,02	0,99	1,19	1,04	1,00	1,17	1,22	1,13	1,09
6	1,20	1,20	1,20	1,18	1,22	1,20	1,21	1,19	1,23	1,21	1,16
7	2,69	3,59	2,62	2,62	2,54	2,70	2,60	2,52	2,56	2,54	2,65
8	0,60	0,60	0,55	0,52	0,65	0,53	0,66	0,60	0,56	0,69	0,67
9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,42	1,63	1,47	1,31	1,28	1,42	1,28	1,34	1,29	1,58	1,63
11	0,59	0,59	0,58	0,58	0,60	0,60	0,56	0,60	0,54	0,57	0,68
12	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
13	1,15	1,15	1,13	1,23	1,19	1,18	1,05	1,18	1,16	1,24	1,03
14	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
15	1,20	1,20	1,22	1,16	1,24	1,22	1,18	1,17	1,21	1,23	1,16
suma:	<b>20,81</b>										

Porównanie czasów operacji stanowiska „S1” na linii „52” i „60” przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Porównanie linii „52” i nowej „60” na stanowisku „S1” do montażu napinacza

Numer linii	„52”	„60”
Całkowity, średni czas realizacji operacji na stanowisku [s]	19,52	20,81
Różnica czasu linii 60 do linii 52 [s]	1,29	

Z tabeli 4 wynika, że różnice w stosunku do pierwotnej linii, są niewielkie, a zmiana spowodowana jest dodaniem nowej części, której montaż spowodował wydłużenie czasu.

Czasy trwania operacji na wszystkich stanowiskach linii „60” przedstawiono w zbiorczej tabeli 5.

Sumaryczny czas trwania operacji na nowej linii „60” wyniósł 145,22 [s] i nie uwzględnia on operacji transportowych.



Tab. 5. Średnie, łączne czasy trwania operacji na stanowiskach linii „60”.

Numer stanowiska	Średni łączny czas [s]
S1	20,81
S2	20,66
S3	20,89
S4	20,92
S5	20,69
S6	20,44
S7	20,81
<b>suma:</b>	<b>145,22</b>

#### 4.1. Porównanie czasów na stanowiskach bazowej linii „52” oraz nowej „60”

Szczegółowe porównanie czasów na linii „52” oraz „60” przedstawiono w tabeli 6.

Tab. 6. Porównanie czasów operacji linii 52 i 60

Nazwa stanowiska	Czas na linii „52” [s]	Czas na linii „60” [s]	Porównanie
Montaż napinacza	19,52	20,81	1,29
Nabijanie kulek napinacza	17,57	20,66	3,09
Nitowanie rury napinacza	15,69	20,89	5,20
Montaż ramy	18,38	20,92	2,54
Montaż ramy z sensorami	13,63	22,81	-2,13
Montaż sensorów	9,19		
Montaż kasety	17,80	20,44	2,64
Kontrola jakości	12,83	20,81	7,98
Czas na transport między stanowiskami	22,00	12,90	-9,10
Suma czasów pracy:	146,61	158,12	11,51
Czas rzeczywisty:	158,67	144,17	-14,50

Pomiary były kłopotliwe, ponieważ linia „52” fizycznie istnieje, a linia „60” została opracowana na podstawie koncepcyjnych prób na liniach prototypowych. Jej wdrożenie będzie miało miejsce w drugiej połowie roku 2017 i dopiero po tym czasie będzie można zweryfikować z pewnością, czy wszystkie modernizacje okazały się być dobrym rozwiązaniem. Pomiar na liniach prototypowych ma swoje wady, ponieważ pomiary nie zostały wykonane na pełnej linii, a zostało to zrobione rozdzielnie na linii podzielonej na dwie części. W pierwszej części pomiary były wykonywane na wszystkich trzech stanowiskach montażu napinacza, po dostosowaniu stanowisk do nowych maszyn, które już zostały zamówione wcześniej, a jedynie zostały zaadaptowane do nowej linii. Druga część to montaż ramy łącznie z kontrolą.

Czasy operacji na stanowiskach różnią się od siebie na niekorzyść linii „60”, a całkowita suma czasów produkcji jest większa na linii „60” o około 11,51 [s] plus błąd statystyczny. Jeżeli jednak przyjrzymy się bliżej całości to należy spojrzeć na czas realny, czyli czas, po którym z linii produkcyjnej wychodzi jedna sztuka. Tutaj sytuacja się zmienia, ponieważ jak się okazuje produkcja została skrócona o około 14,50 sekundy, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia wydajności produkcji.

Przyczynami skrócenia rzeczywistego czasu produkcji są: eliminacja stanowiska na linii „60” oraz wymiana maszyn na dwóch stanowiskach, co spowodowało zmianę organizacji pracy na tych stanowiskach. Suma czasów jest obliczana na zasadzie sumy dodatnich czasów pracy, czyli czasy, które poświęcają pracownicy na linii wykonując czynności dodające wartość produkcji. W omawianym przypadku większy czas występuje w przypadku linii „60” i jest to negatywny skutek. Uwzględniając, że na linii „52” jest 8 pracowników, a na linii „60” jest tylko siedmiu to czas dodatni w przeliczeniu na pracownika wynosi średnio dla linii „52” i „60” odpowiednio 15,55 [s] i 20,74 [s] podczas jednego procesu. Biorąc pod uwagę, iż tempo produkcji wyznacza operacja zajmująca najwięcej czasu można zauważyć, że w przypadku linii „52” pozostały czas, podczas którego pracownicy nie wykonywali wartości dodatniej to średnio 3,97 sekundy na pracownika podczas jednego procesu. Przy ciągłej produkcji generuje to ogromne koszty. W przypadku linii „60” czas nie dodający wartości dodatniej to średnio 0,18 sekundy, co daje wartość ponad 22 razy mniejszą niż na poprzedniej linii. To sprawia, że rozkład pracy jest bardzo równomierny.

Czas rzeczywisty to czas produkcji wytyczany na podstawie ścieżki krytycznej, która wskazuje najdłuższą operację. W przypadku linii „52” już pierwsza operacja definiuje tę wartość i jest ona powielana na wszystkie stanowiska poza stanowiskiem do montażu sensorów, które działa niezależnie. Do tego czasu dodaje się czas transportu i tak powstaje wynik na poziomie 158,67 [s]. Widać tutaj największe oszczędności, związane z powstaniem linii „60”, bo czas rzeczywisty na tej linii to 14,50 sekundy mniej, co daje ogromne oszczędności i zapewni możliwość zwiększenia produkcji.

Takt na linii „52” wynosi 23,2 [s], co daje 155 sztuk na godzinę. Taki czas był spowodowany głównie występowaniem błędów, które powodowały możliwość wytwarzania maksymalnie 155 sztuk na godzinę. Na linii „60” można przyjąć większą liczbę zamówień, nawet do 164, co daje takt na poziomie 22,09 [s].

## **5. Podsumowanie**

Opracowanie nowej linii produkcyjnej – „60” zaowocowało ujednoczeniem czynności oraz czasu ich wykonywania, dzięki czemu produkcja stała się płynna, a wszelkie przestoje zostały wyeliminowane. Nie wpłynęło to również negatywnie na wydajność procesu, która mimo większych czasów operacji całościowo wykazuje oszczędności czasu z uwagi na likwidację jednego stanowiska. To wszystko sprawia, że po wprowadzaniu linii do produkcji firma, która zakładała produkcję minimum 155 sztuk na godzinę będzie mogła zwiększyć produkcję nawet o 10 sztuk więcej w ciągu godziny. Jeśli chodzi o koszty, przedsięwzięcie będzie wymagało nakładu finansowego i choć przekroczy ono budżet zakładany na początku, z powodu konieczności dodania nowych mechanizmów kontrolnych to koszty poniesione dodatkowo zostaną zniwelowane brakiem kosztów związanych z jednym pracownikiem już po 4 latach.

Opracowany model linii produkcyjnej, teoretycznie oraz podczas testów prototypowych, jest obecnie najlepszym rozwiązaniem na usprawnienie produkcji, a

jednocześnie zwiększeniem oszczędności. Dlatego, po wprowadzeniu tej linii i ostatecznym jego unormowaniu, firma będzie miała wiele powodów, by zastosowane tu rozwiązania powielać i udoskonalać na innych liniach.

### **Literatura**

1. Adamczyk M., Współczesny kryzys finansowy – przyczyny i konsekwencje dla gospodarki światowej, Prace i Materiały Instytutu Handlu Zagranicznego Uniwersytetu Gdańskiego, nr 31, Gdańsk 2012
2. Kasprzyk B., Subiektywizm ocen dobrobytu ekonomicznego, [w:] Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy. Modernizacja dla spójności społeczno-ekonomicznej w czasach kryzysu. (red.) M.G. Woźniak, Zeszyt nr 25, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2012
3. The Productivity Press Development Team “Szybkie przebrojenie dla Operatorów: System SMED”, ISBN 978-83-929155-0-8, ProdPublishing, 2010.
4. Lewandowski J, Skołod B., Plinta D., „Organizacja systemów produkcyjnych”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2014
5. Koliński A, Golińska P., „Analiza wydajności jako wstępna ocena efektywności produkcji – stadium przypadku” Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011
6. Fredriksson G, Larsson H. An analysis of maintenance strategies and development of a model for strategy formulation - A case study. Göteborg: Chalmers University of Technology, 2012.
7. Romanowska M., „Podstawy organizacji i zarządzania”, Difin, Warszawa 2000

Dr inż. Kamil KROT  
Mateusz JĘDRZEJÓW  
Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji  
Politechnika Wrocławska  
50-371 Wrocław, ul. Ignacego Łukasiewicza 5  
tel.: (71) 320 37 81  
e-mail: kamil.krot@pwr.edu.pl